

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра «Проектирование зданий и экспертиза недвижимости»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ПЗ и ЭН
 Р.А. Назиров

« 23 » 06 2017 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Быстровозводимые здания для гибкой технологии

08.04.01 Строительство
08.04.01.04 Проектирование зданий.
Энерго- и ресурсосбережение

Научный руководитель


подпись, дата

к.б.н., доцент каф. ПЗиЭН
должность, ученая степень

Е.Г. Жуль
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А.А. Ковальчук
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

д. ф-м. наук, профессор
должность, ученая степень
КГПУ им. Астафьева

В.И. Кирко
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

Е.Г. Жуль
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра «Проектирование зданий и экспертиза недвижимости»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ПЗ и ЭН
_____ Р.А. Назиров

« _____ » _____ 2017 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Быстровозводимые здания для гибкой технологии

08.04.01 Строительство
08.04.01.04 Проектирование зданий.
Энерго- и ресурсосбережение

Научный руководитель	_____	<u>к.б.н., доцент каф. ПЗиЭН</u>	<u>Е.Г. Жуль</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>А.А. Ковальчук</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>д. ф-м. наук, профессор</u>	<u>В.И. Кирко</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
		КГПУ им. Астафьева	
Нормоконтролер	_____		<u>Е.Г. Жуль</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. Анализ современного уровня инженерных решений и задач в проектировании быстровозводимых зданий	6
1.1 Современное состояние проектных решений и технологии быстровозводимых зданий	6
1.2 Современные методы создания ограждающих конструкций, объемно-планировочных решений и инженерного оборудования быстровозводимых зданий	11
1.3 Современные способы энергосбережения и энергоэффективности.....	15
Глава 2. Методы нормирования энергосберегающих технологий и методики оценки.....	18
2.1 Основные принципы нормирования энергосберегающих мероприятий.....	18
2.2 Структура энергетического баланса быстровозводимого здания.....	21
2.3 Методика оценки энергопотребления быстровозводимого здания.....	23
2.4 Методика оценки экономической целесообразности.....	30
Глава 3. Рекомендации по оптимизации принимаемых решений по энергосбережению.....	
3.1 Результаты расчета энергопотребления здания.....	33
3.2 Влияние геометрических характеристик здания на его энергетические показатели.....	33
3.3 Вероятностно-статистическое соотношение между расчетными параметрами наружного климата.....	36
3.4 Определение оптимального уровня удельного энергопотребления здания на отопление.....	43

3.5 Комбинированная обработка воздуха в системе вентиляции и кондиционирования.....	44
Заклучение.....	60
Список используемых источников.....	61
Приложения А-Г.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация является одной из наиболее энергопотребляющих стран в мире. Уменьшение ресурсов направленных на строительство зданий и улучшение энергетической эффективности построенных, проектируемых сооружений считается одним из стратегически важных направлений развития экономики страны.

Во многих странах энерго- и ресурсосбережение являются важными задачами и основой экономического развития в строительной сфере. Зарубежные страны уже довольно давно занимаются этим вопросом, разрабатывая и внедряя энергосберегающие технологии. В настоящее время Россия отстает в области энергосбережения и проектирования зданий ресурсосбережения, так как использование современных решений не было достаточно развито и распространено. В большинстве случаев это связано с большими дополнительными затратами возникающими при строительстве, отсутствием интереса у граждан, отсутствием должной государственной поддержки строительства современных домов.

На протяжении последних нескольких лет со стороны правительства Российской Федерации уделяется повышенное внимание развитию энергетической эффективности: разрабатываются и принимаются разные государственные программы, законы, нормативные и правовые акты с целью уменьшения объема потребляемых энергетических ресурсов [1].

Для соответствия подобным современным требованиям должны применяться энергосберегающие технологии и материалы при проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий. В условиях Российского климата рекомендуется применять улучшенную теплоизоляцию ограждающих конструкций, энергосберегающие светопрозрачные конструкции, а так же регулирующее оборудование в системе отопления и вентиляции.

Цель диссертационного исследования заключается в обосновании и разработке комплекса мероприятий для повышения эффективности потребления тепловой энергии в быстровозводимых зданиях для гибкой технологии.

Объектом исследования являются быстровозводимые здания и сооружения.

Предметом исследования является ограждающая конструкция и современное оборудование используемое для снижения потребления тепловой энергии в системе вентиляции.

Задачи диссертационного исследования:

- Провести анализ проектных решений быстровозводимых зданий, существующих методов повышения эффективности потребления тепловой энергии в зданиях подобного типа;
- Выявить наиболее востребованные типоразмеры здания;
- Определить затраты тепловой энергии при разнообразном исполнении сэндвич панелей;
- Определить затраты тепловой энергии на вентиляцию здания с прямоточной системой вентиляции и с рекуператором тепла.

Научная новизна: В данной работе исследуется эффект от использования энергоэффективного оборудования, а так же другие методы энергосбережения при проектировании быстровозводимого здания для гибкой технологии с учетом температурной истории Красноярского края.

Практическая значимость работы состоит в полученных результатах, где можно использовать как рекомендации при проектировании новых зданий подобного типа в Красноярском крае с энергоэффективной системой вентиляции. Рассчитана экономическая эффективность применяемых мероприятий, что дает право утвердить эффективность и необходимость использования современных технологий в практике проектирования и строительства быстровозводимых зданий для гибкой технологии.

Методология и методы исследования. Методология исследования включает в себя теоретический анализ существующих методов повышения энергоэффективности, построение теплотехнической модели быстровозводимого здания для гибкой технологии, расчет теплопотребления при проведении различных мероприятий, сравнительный анализ полученных данных, расчет экономической эффективности.

Глава 1 Анализ современного уровня инженерных решений и задач в проектировании быстровозводимых зданий

1.1. Современное состояние проектных решений и технологий быстровозводимых зданий

Быстровозводимые здания и сооружения - объекты, конструкции которых обеспечивают их оперативный монтаж со сроками, значительно меньшими по сравнению с нормативной продолжительностью строительства [2].

Главными элементами быстровозводимых зданий являются [3]:

- Металлоконструкции (каркас);
- Сэндвич панели (ограждающая конструкция);
- Доборные элементы (обрамление для кровельного элемента и узлов стыка);
- Крепежные системы (сварка либо резьбовое соединение);

Быстровозводимыми называют те сооружения, которые обладают следующими приоритетами:

- Уникальность проектных решений;
- Максимальная готовность отдельных элементов конструкции;
- Апробированные на практике технологии монтажа.

В настоящее время проблемами проектирования, строительства и эксплуатации быстровозводимых зданий в России и других странах занимаются много исследователей. Значительный вклад в развитие быстровозводимых зданий внесли такие ученые, как Ю.Н. Казаков [2],[5], А.Н.Бирюков, П.Г. Федоренко [4], А.Н.Мушинский, С.С. Зимин [6], М. Ю. Ананьин, [7], Е.И. Исаева [8], В.А. Рыбаков [9], А.Ю.Ким, С.П.Харитонов [10], от Сибирского Федерального Университета можно выделить работы В.В. Коренчука [11], Е.В. Ефимовой [12].

Технология быстровозводимых зданий – это высокоточное строительство конструкций по низкой цене за небольшой отрезок времени [13].

Быстровозводимые здания из сэндвич-панелей – это сооружения, построенные из металлического каркаса с использованием сэндвич-панелей в качестве ограждающей конструкции для современной промышленности и гражданского назначения.

Выделяют основные технологии быстровозводимых зданий:

-технология из лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). Технология ЛСТК позволяет в короткие сроки построить каркас здания из легкого оцинкованного профильного листа толщиной от 1.5 до 3 мм. Технология ЛСТК широко распространена благодаря легкому процессу сборки, она применяется в строительстве промышленных и производственных помещений, складов;

К достоинствам относятся: небольшие сроки строительства; низкая стоимость строительства; хорошая звукоизоляция; возможность проложить коммуникации внутри стен; экологичность, применяются экологически чистые материалы; возможность построить дом вне зависимости от времени года[14].

К недостаткам относятся: пожароопасность, технологически-каркасный дом сложнее любого другого и подразумевает соответствующую квалификацию, наличие современного инструмента и грамотно составленный проект [6,14].

-технология строительства быстровозводимых зданий из легких металлических конструкций (ЛМК) является разновидностью технологии ЛСТК, в которой используется рамная система несущего каркаса, она более прочная и состоит из колонн ферм. Вся конструкция каркаса, изготовлена из двутавровых профилей. Технология строительства зданий по технологии ЛМК применяется для промышленных зданий и складов, офисных и торговых центров, спортивных комплексов и сельскохозяйственных

помещений [15].

-бескаркасная технология — является самым простым в возведении и экономичным вариантом строительства ангаров, складов и зернохранилищ. Такие здания имеют легкие малозаглубленные фундаменты (столбчатый, ленточный или комбинированный), а ограждающие конструкции возводятся из оцинкованной стали толщиной от 0,8 до 1,5 мм., с возможностью утепления конструкции как изнутри, так и снаружи. Недостаток таких конструкций можно считать существующее ограниченное применение по причине невысокой надежности. При этом, срок строительства по бескаркасной технологии высок: за 4 недели возводится “под ключ” ангар площадью 1000 м². Основными достоинствами являются: широкая область применения, возможность строительства в любых условиях, возможность монтажа над действующим производством [16].

-технология с использованием балок поперечного сечения. Используется при постройке зданий с большим высотным пролетом (большие ангара, склады, рынки).

Недостатками у быстровозводимых зданий являются: возможность ухудшения теплоизоляционных прочностных свойств; нежелательность сооружения в регионах с повышенной влажностью, а так же с очень низкими зимними температурами.

Большинство быстровозводимых зданий строятся на основе унифицированных типовых секций. Типовая секция — это законченный элемент сооружения. Она проектируется с учетом применения сборных конструкций и стандартных деталей.

В зданиях большой протяженности должны предусматриваться температурно-усадочные, осадочные или антисейсмические швы в зависимости от их объемно-планировочных решений и природно-климатических условий района строительства[17].

В связи с тем, что здания из сэндвич-панелей имеют ограничения по архитектуре, конструктивные особенности и технология монтажа стеновых

сэндвич-панелей позволяет возводить здания простых форм, без дизайнерских изысков, наиболее целесообразной и простой в строительстве является прямоугольная конфигурация здания. Это объясняется тем, что такая форма обеспечивает ряд преимуществ для складских и производственных сооружений:

- подъездные пути и погрузочно-разгрузочные платформы располагаются по длине всего здания; удлиняется фронт погрузочно-разгрузочных работ;

- обеспечивается возможность организации сквозного технологического процесса;

- исключается перекрещивание грузовых потоков;

Применение подобной формы располагает к минимальным значениям показателя компактности, равному отношению площади поверхности наружной оболочки здания к заключенному в ней объему, что влечет к снижению эксплуатационных энергозатрат.

Расстояние перемещения грузов минимальное [18].

Для ознакомления с вопросом современного состояния проектных решений быстровозводимых зданий в Приложении 1 приведены 3 примера.

Первый пример взят с альбома типовых проектов быстровозводимых зданий и сооружений Челябинского Промстройпроекта[19]. Объект представляет собой отапливаемый склад для хранения и отпуска материальных ценностей, одноэтажный с пролетом 18 м. и длиной 60 м., с встроенными помещениями и вместимостью 884 т. Каркас: однопролетная тонкостенная рама, выполненная из легких стальных прокатных гнутых профилей ТУ 112000-001-12586100-2009. Сопряжение ферм и колонн-шарнирное. Крепление колонн к фундаментам-жесткое. Пространственная жесткость каркаса обеспечивается системой горизонтальных связей по покрытию и вертикальными связями по колоннам. Кровля представляет собой двухскатную конструкцию, выполненную из кровельных сэндвич-панелей с минераловатным утеплителем толщиной 60 мм по уклону 10%.

Стены выполнены из стеновых сэндвич-панелей с минераловатным утеплителем толщиной 60 мм., с горизонтальным расположением стыка. Применяются наружные и внутренние двери, наружные-распашные, металлические с калиткой, внутренние-из поливинилхлоридных профилей.

Второй готовый типовый проект принадлежит производственной компании «Рыбинсккомплекс» [20]. Склад одноэтажный, с размерами в осях А-Е 20 м., и с размерами в осях 1-8 40 м. с опорным мостовым краном грузоподъемностью 5 т. Кровля-двухскатная, отметка до низа несущих конструкций 6 м., уклон кровли составляет 10%. По климатическим параметрам выполнен для республики Саха (Якутия). Здание запроектировано в цельнометаллическом каркасе, по рамно-связевой схеме. Шаг колонн основных рам предусмотрен 5.750 м., крайних рам 5.625 м. Жесткость здания в поперечном сечении обеспечивается за счет шарнирного соединения между собой колонн и ригелей. Соединение колонн с фундаментом жесткое. Пространственная жесткость каркаса обеспечивается системой вертикальных связей и распорок. Применяются наружные и внутренние двери, наружные-поднимающиеся, металлические, внутренние-из поливинилхлоридных профилей.

Третий пример проекта так же принадлежит производственной компании «Рыбинсккомплекс» [20]. Склад готовой продукции двухпролетное, одноэтажное, с общими размерами 48х96 м., высотой до низа несущих конструкций 7 м., шаг колонн 12 м, кровля двухскатная, уклон 10%. Место строительства-г. Иркутск. Жесткость здания в поперечном направлении обеспечивается рамами, состоящими из колонн и ригелей жестко соединенных между собой, соединение колонн с фундаментом-шарнирное. Пространственная жесткость каркаса обеспечивается системой связей и распорок. Применяются наружные и внутренние двери, наружные-распашные, металлические, внутренние-из поливинилхлоридных профилей.

1.2. Современные методы создания ограждающих конструкций, объемно-планировочных решений и инженерного оборудования быстровозводимых зданий

В основном быстровозводимые здания состоят из:

- каркаса;
- металлоконструкций;
- систем внутреннего и наружного воздухообмена;
- дополнительного каркаса;
- облицовки стен и кровли.

Строительство современных быстровозводимых зданий в Красноярском крае осуществляется преимущественно с использованием сэндвич-панелей с металлическим каркасом.

Из таких видов ограждающей конструкции быстровозводимых зданий, как профлист, тентовый ПВХ материал, сэндвич-панели самым распространенным и наиболее приемлемым для климатических условий Красноярского края является сэндвич-панели. Они представляют собой трехслойную конструкцию из двух металлических листов и находящегося между ними слоя-утеплителя. Подобные панели – не имеют аналогов для строительства быстровозводимых сооружений в северных районах страны. Сэндвич панели изготавливают из листов оцинкованной стали, полость между листами заполняется плитой из базальтового волокна плотностью не менее 110 кг/м³. Утеплителем в сэндвич-панелях, кроме базальтового волокна (минваты), может так же выступать пенополистирол, стекловата и пенополиуретан. Важной характеристикой является коэффициент теплопроводности утеплителя. Специальным клеем на основе полиуретана обшивка надежно и прочно соединяется с утеплителем, гарантируя прочность и долгий срок службы конструкции. Панели крепятся к каркасу, в зависимости от его материала, либо при помощи самонарезающих болтов по металлу, дереву, или с использованием специальных дюбелей (если каркас бетонный). Сэндвич-панели бывают стеновые и кровельные.

Стеновые сэндвич-панели, представляют собой маловесные трехслойные бескаркасные панели, выполненные из двух внешних профлистов и слоя утеплителя, имеющие в своей конструкции отличительную особенность в виде дополнительного защитного полимерного покрытия, обладающего высокой устойчивостью к коррозии [21].

Кровельные сэндвич-панели предназначены для устройства кровли зданий практически любого назначения - от производственных до коммерческих, построенных по каркасно-панельной схеме. От стеновых кровельные сэндвич-панели отличает наличие в конструкции высокого ребра и замка, призванных препятствовать проникновению влаги внутрь здания. Кровельные сэндвичи противостоят любым погодным условиям, снегу, дождю и ветру. Из них можно построить здание практически полностью, не прибегая к другим строительным материалам [22].

Преимущества сооружений использующих сэндвич-панели в качестве ограждающей конструкции:

- отличная влагостойкость сэндвич панелей и их морозостойчивость;
- хорошие звукоизоляционные характеристики;
- здания из сэндвич-панелей при любых погодных условиях сохраняют свой эстетичный внешний вид и не нарушают целостности конструкции;
- отличаются долгим сроком службы и неприхотливостью в уходе;
- не подвергаются коррозии, не требуют особой обработки;
- объекты из сэндвич-панелей дают минимальную нагрузку на фундамент, что, в свою очередь, позволяет устанавливать в таких зданиях большее число погрузочно-разгрузочных механизмов;
- установка таких зданий не занимает много времени и не требует использования большого количества рабочей силы. Также быстрой сборке способствуют особенности конструкции панелей;
- начинать строительство подобных сооружений допускается в любое время года;

-низкая теплопроводность. Теплопроводность 10-сантиметровой панели можно сравнить с теплопроводностью силикатного кирпича (толщиной – 224 см), кирпича глиняного (102 см), железобетона (340 см) и т. д;

-значительный срок службы;

-Здания из сэндвич-панелей – сборные конструкции, и в случае повреждения одного элемента, только этот элемент и нужно заменить [23].

К недостаткам сэндвич-панелей и зданий на их основе можно отнести:

- ограничения в дополнительной нагрузке (допустимая нагрузка закладывается изначально при проектировке здания);

- вероятность мелких механических повреждений;

- требует особого внимания к герметизации;

- высокая горючесть некоторых видов наполнителей;

- ограничения по архитектуре;

- требуют вентиляции из-за своей герметичности [23].

В быстровозводимых зданиях в большинстве случаев требуется проектирование, изготовление и монтаж вентиляционной системы и соответствующего оборудования.

Вентиляционные рекуперационные установки с возможностью использования тепловой энергии вытяжного воздуха при сравнении с обычными приточными вентиляционными системами имеют такие существенные преимущества, как значительная экономия энергии, необходимой для подогрева наружного воздуха (зависит от типа оборудования). Принцип работы рекуператоров заключается в подогреве наружного подаваемого воздуха за счет использования теплоты вытяжного воздуха в холодное время года. Процесс передачи энергии будет эффективней, если разница температур воздушных потоков будет больше.

Процесс передачи энергии можно разделить на 2 типа. Первый тип теплообмена-рекуперативный теплообмен происходит через стенку (поверхность), при этом вытяжной воздух нагревает эту стенку с одной

стороны, а с другой стороны приточный воздух получает эту энергию от стенки, то есть непосредственного контакта или смешения двух потоков воздуха не происходит. Подобным теплообменом обладают установки называемые, как пластинчатый рекуператор тепла с промежуточным теплоносителем[24].

Второй тип теплообмена – регенеративный. Этот процесс характеризуется тем, что одна и та же поверхность сначала нагревается вытяжным воздухом, а затем передает тепловую энергию приточному воздуху, то есть воздушные потоки проходят по этой поверхности по очереди. Подобный метод передачи тепловой энергии, тепла используют роторные рекуператоры тепла [25].

Пластинчатый рекуператор тепла является наиболее распространенным оборудованием для использования тепловой энергии вытяжного воздуха в целях повышения энергоэффективности и снижения потребления тепловой энергии в жилых и малоэтажных зданиях. Такие рекуператоры тепла имеют несколько преимуществ. При их сравнительно высокой эффективности, затраты на установку и эксплуатацию такого оборудования относительно небольшие.

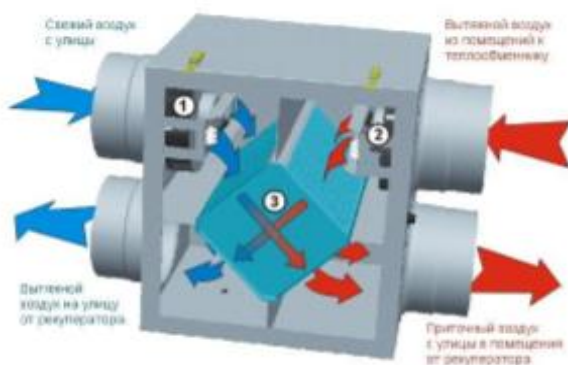


Рисунок 1-Пластинчатый рекуператор тепла

Однако, главным недостатком пластинчатых утилизаторов тепла является возможность образования конденсата в теплообменной камере, то

есть если температура вытяжного воздуха при его проходе через теплообменник становится ниже температуры точки росы, тогда образуется конденсат на поверхности пластин, что при отрицательной температуре наружного воздуха может привести к образованию льда и в итоге к снижению эффективности [25].

Роторный рекуператор тепла – в силу своего большого КПД, которое может достигать значений в 85%, в сравнении с пластинчатым рекуператором является наиболее распространенным оборудованием для использования тепловой энергии вытяжного воздуха в целях повышения энергоэффективности и снижения потребления тепловой энергии в зданий обладающих большим отапливаемым объёмом. Например в большепролетных зданиях, промышленных, спортивных сооружениях [26].

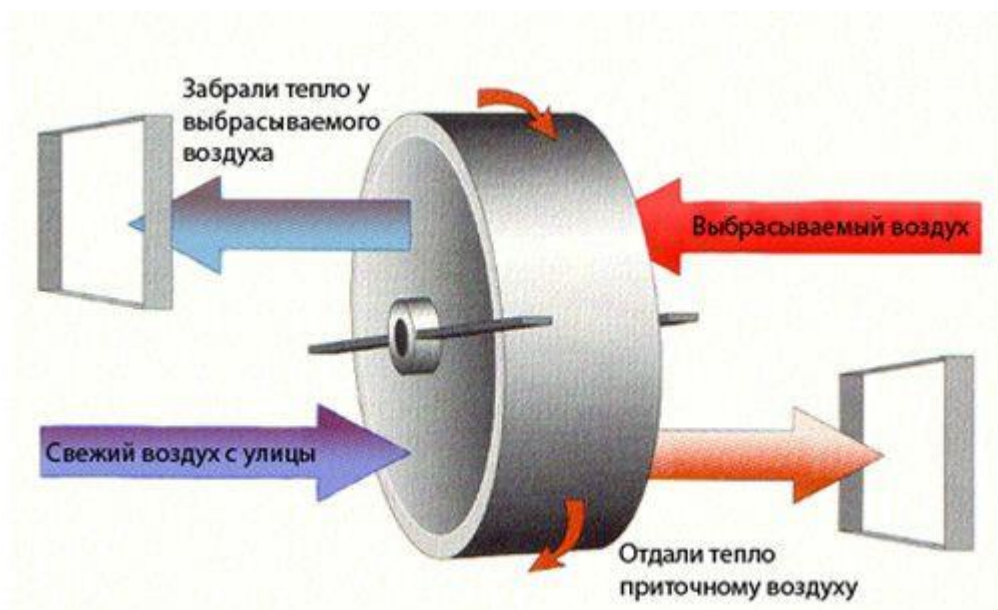


Рисунок 2-Роторныйрекуператор тепла

1.3. Современные способы энергосбережения и энергоэффективности

Существует много современных способов энергосбережения и в зависимости от цены, окупаемости и технологии на данный момент имеется огромное количество их классификаций. Энергосберегающие мероприятия возможно систематизировать следующим образом [27]:

- малозатратные и безинвестиционные, суть которых заключается в нормализации работ энергоносителей (устранение потерь в них, установка энергоэкономичных режимов работы, установление счетчиков);

- капиталоемкие, подобные мероприятия требуют больших инвестиций и осуществляется, если по расчетам эффект от принятых решений окупит расходы на их исполнение (установка рекуператоров в систему вентиляции, установка нового стенового ограждения из более энергоэффективных сэндвич панелей в быстровозводимых зданиях).

Классификацию энергосберегающих мероприятий по времени, которое понадобится на окупаемость, в зависимости от источников информации делится на разное количество пунктов [28]:

- Быстроокупаемые, срок окупаемости составляет нескольких месяцев. Среди них можно выделить организационные, информационные;

- 1) Организационные мероприятия – это мероприятия, не требующие вложения финансовых средств, экономия в которых достигается за счет более грамотного использования энергоресурсов на существующем оборудовании. К ним относятся, например, утверждение ответственных за энергетическую эффективность и т.д., разработку стандартов энергосбережения организации и другие мероприятия по внедрению системы энергетического менеджмента в организации;

- 2) Информационное обеспечение энергосбережения – это также не требующие вложения финансовых средств мероприятия, экономия в которых достигается за счет получения сотрудниками и студентами информации о правильности эксплуатации существующего оборудования. Они предполагают использование различных способов информирования сотрудников, студентов и широкой общественности по практическим аспектам энергосбережения и повышения энергетической эффективности[28].

- Среднеокупаемые, в их группу входят мероприятия со сроком окупаемости в несколько лет, к ним относятся внедрение нового, экономичного оборудования.

-Долгоокупаемые мероприятия, к ним относятся решения со сроком окупаемости до 30 лет и более как правило, реализуемые при капитальном ремонте существующих объектов (зданий, строений, сооружений) или строительстве новых.

По виду направленности энергосберегающих мероприятий в зданиях возможно классифицировать [29]:

- оптимизация архитектурно-конструктивных и объемно-планировочных решений;
- повышение теплозащиты светопрозрачных и нестепрозрачных ограждений;
- снижение организованного и неорганизованного воздухообмена (за счет уплотнения окон и дверей, рациональной схемы организации воздухообмена);
- снижение затрат тепловой и электрической энергии на системы вентиляции и кондиционирования воздуха (за счет утилизации теплоты и холода, рециркуляции, регулируемого привода насосов и вентиляторов);
- мероприятия по снижению водо – и теплопотребления в системах ГВС;
- инженерные решения по полезному использованию внутренних и внешних теплоступлений (автоматизация систем отопления);
- сокращение потребления тепловой и электрической энергии от внешних источников за счет использования альтернативных и нетрадиционных источников.

Глава 2 Методы нормирования энергосберегающих технологий и методика оценки энергопотребления

2.1 Основные принципы нормирования энергосберегающих мероприятий

Согласно требованиям закона РФ «об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [30] одной из главных задач, выдвигаемых государством в области нормирования теплозащитных характеристик зданий, является сокращение расходов топливно-энергетических ресурсов на нагрев помещений зданий. Такое требование проистекает из необходимости государства и потребителя нести меньше расходов на эксплуатацию здания.

С другой стороны, здание должно обеспечивать комфортные условия пребывания в нем людей. Таким образом, создание комфортных условий в здании при ограниченной потребности в энергии на их поддержание и составляет главную задачу с точки зрения потребителя, которые должны обеспечивать нормы по энергетической эффективности жилых и общественных зданий.

Основным критерием [31], является удельная потребность тепловой энергии, приходящей на один м^2 отапливаемой площади [или на один м^3 отапливаемого объема] и градуса-сутки отопительного периода на отопление здания, устанавливаемое в местах подключения здания к системам теплоснабжения. Этот показатель является основной нормой для теплотехнического проектирования, имеет размерность $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ или $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ и отнесен к градусам-суткам отопительного периода. При этом отпадает необходимость в поэлементном нормировании сопротивления теплопередачи отдельных ограждающих конструкций, а устанавливает лишь их нижний предел.

Таблица 1-Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градуса-сутки отопительного периода $^{\circ}\text{C}^{\circ}\text{сут/год}$	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{TP} , ($\text{м}^2 \cdot \text{C}$)/Вт, ограждающих конструкций
		Стен
1	2	3
Общественные, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8
	4000	2,4
	6000	3
	8000	3,6
	10000	4,2
	12000	4,8
a	-	0,0003
b	-	1,2
<p>Примечание</p> <p>Значение R_o^{TP} для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле</p> $R_o^{\text{TP}} = a * \text{ГСОП} + b$ <p>Где ГСОП-градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}^{\circ}\text{сут/год}$, для конкретного пункта; a, b- коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы.</p>		

Под энергетической эффективностью зданий понимают определенный уровень теплозащиты, обеспечивающий нормируемое энергопотребление при соблюдении комфортных условий в них.

Таблица 2- Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A+++ A+ A	Очень высокий	Ниже -60 От -50 до -60 включительно От -40 до -50 включительно	Экономическое стимулирование

Продолжение таблицы 2

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
B+ B	Высокий	От -30 до -40 включительно От -15 до -30 включительно	Экономическое стимулирование
C+ C C-	Нормальный	От -5 до -15 включительно От +5 до -5 включительно От +15 до +5 включительно	Мероприятия не разрабатываются
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем обосновании или снос

Другой особенностью [29], является энергетический паспорт здания, предназначенный для контроля проектирования здания и последующего его строительства и эксплуатации. Энергетический паспорт заполняется на стадии разработки проектной документации, доказывая соответствие проектным требованиям, нормам.

2.2 Методика оценки энергопотребления быстровозводимого здания

Суть методики оценки энергопотребления любого здания заключается в составлении на него энергетического паспорта согласно нормам и требованиям [31, 32]. Сам энергетический паспорт состоит из нескольких разделов:

1) Исходные данные для расчета теплоэнергетических параметров объекта, в этот раздел входят такие показатели как;

-Объемно-планировочные показатели (отапливаемый объем, общая площадь наружных ограждающих конструкций, сумма площадей этажей здания и т.д.);

-Климатические параметры(район строительства, расчетная температура наружного воздуха, продолжительность отопительного периода, градусо-сутки отопительного периода и т.д.);

-Описание ограждающих конструкций (описываются наружные стены, покрытие, перекрытие, светопрозрачные конструкции и входные двери. Если например стена представляет собой многослойную конструкцию, то к каждому слою пишут из какого материала он сделан, а так же его толщину. Светопрозрачным конструкциям и входным дверям указывают ГОСТ согласно которому они сделаны).

2)Расчеты теплотехнических показателей (для светопрозрачных конструкции и входных дверей выполненных по ГОСТу, указывается коэффициент теплопроводности, а для многослойных ограждающих конструкций наружных стен, покрытий и перекрытий которые были описаны в пункте 1 рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче по формуле Е6 [31] :

$$R_o = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_v}; \quad (1)$$

где: α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°C);

α_n —коэффициент теплоотдачи;

R_s -термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента (м²·°C) / Вт, определяемое для материальных слоев по формуле Е7 [31]:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s}; \quad (2)$$

где δ_s -толщина слоя, м;

λ_s -теплопроводность материала слоя, Вт/(м·°C), принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории;

3) Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление здания

В этом разделе происходит расчет основных тепловых характеристик:

-Удельная теплозащитная характеристика здания по формуле Ж1[31]:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i (n_{ti} \frac{A_{\phi,i}}{R_{oi}^{np}}); \quad (3)$$

где R_{oi}^{np} -приведенное сопротивление теплопередаче -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, (м² · °C)/Вт;

$A_{\phi,i}$ -площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²;

$V_{от}$ -отапливаемый объем здания, м³;

n_{ti} -коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле (5.3) [31];

$$n_{ti} = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}}; \quad (4)$$

где: $t_{от}$ -средняя температура наружного воздуха, °C,

$t_{в}$ -расчетная температура внутреннего воздуха здания, °C,

$t_{в}^* - t_{от}^*$ - средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °C;

Все полученные результаты сводятся в таблицу П1[31]. Пример таблицы приведен ниже (на следующей странице).

Таблица 3-Теплозащитные данные здания выбранного за образец

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}$, м ²	$R_{o,i}^{np}$ м ² ·°C/Вт	$n_{t,i} \cdot A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}$ Вт/°C	%
Стеновое ограждение	-	-	-	-	-
Покрытие	-	-	-	-	-
Окна	-	-	-	-	-
Входные двери	-	-	-	-	-
Сумма	-	-	-	-	-

-Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле 5.5 [31];

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61}; \quad (5)$$

-Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr} [Вт/(м²·°C)], рассчитывается по формуле:

$$K_m^{tr} = K_{общ} / K_{комп},$$

где $K_{общ}$ -общий коэффициент теплопередачи здания(м²·°C)/Вт, определяемый по формуле:

$$K_{общ} = \frac{1}{A_{ф,i}} \sum_i \left(n_{ti} \frac{A_{ф,i}}{R_{o,i}} \right); \quad (6)$$

где $K_{комп}$ -коэффициент компактности здания, м⁻¹определяемый по формуле:

$$K_{комп} = \frac{A_{ф,i}}{V_{от}}; \quad (7)$$

где: $A_N^{сум}$ -сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м².

-Удельная вентиляционная характеристика здания рассчитывается по формуле (Г.2) [31]:

$$k_{вент} = 0,28 \cdot c \cdot n_v \cdot \beta_v \cdot \rho_v^{вент} \cdot (1 - k_{эф}); \quad (8)$$

где с-удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C);

β_v -коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v=0,85$;

$\rho_v^{вент}$ -средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³;

n_v -средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹, определяемая по Г.3[31];

$k_{эф}$ -коэффициент эффективности рекуператора;

-Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается по формуле (Ж.1) [31]:

$$n_B = [(L_{вент} \cdot n_{вент})/168 + (G_{инф} \cdot n_{инф})/(168 \cdot \rho_B^{вент})] / (\beta_v \cdot V_{от}); \quad (9)$$

где $L_{\text{вент}}$ - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$n_{\text{вент}}$ - число часов работы механической вентиляции в течение недели, 168ч;

$G_{\text{инф}}$ - количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, $\text{кг}/\text{ч}$;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг}/\text{м}^3$;

β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v = 0,85$;

$V_{\text{от}}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м^3

$$L_{\text{вент}} = 4A_p$$

где A_p - расчетная площадь м^2 ;

$$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}} = 353 / (273 + t_{\text{от}}); \quad (10)$$

где $t_{\text{от}}$ - средняя суточная температура отопительного периода $^{\circ}\text{C}$;

- Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания рассчитывается по формуле (Г.6) [31]:

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_p}{V_{\text{от}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}; \quad (11)$$

где $q_{\text{быт}}$ - величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений (Аж) или расчетной площади общественного здания (A_p), $\text{Вт}/\text{м}$;

A_p - расчетная площадь м^2 ;

$V_{\text{от}}$ - отапливаемый объем м^3 ;

$t_{\text{в}}$ - расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{от}}$ - средняя суточная температура отопительного периода $^{\circ}\text{C}$;

- Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации рассчитывается по формуле (Г.7) [31]:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{(V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП})}; \quad (12)$$

$$\text{где } Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_F \cdot k_F (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4) + \tau_{\text{scy}} k_{\text{scy}} A_{\text{scy}} I_{\text{hor}}; \quad (13)$$

$V_{\text{от}}$ -отапливаемый объем м³;

ГСОП-градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций °C·сут;

-Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период рассчитывается по формуле (Г.1) [31]:

$$q_{\text{от}}^p = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h; \quad (14)$$

где $\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (\text{ГСОП} - 1000) = 0,830$ – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций.

$k_{\text{об}}$ -удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C);

$k_{\text{вент}}$ -удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°C);

$k_{\text{быт}}$ -удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°C);

$k_{\text{рад}}$ -удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°C);

ν -коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций;

ζ -коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления;

ξ -коэффициент, учитывающий снижение теплостребования жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление;

β_h -коэффициент, учитывающий дополнительное теплостребование системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплостерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплостерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения.

-Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт·ч/год, определяется по формуле (Г.10) [31]:

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}; \quad (15)$$

где $ГСОП$ –градусо-сутки отопительного периода для ограждающих конструкций °С·сут;

$V_{от}$ -отапливаемый объем м³;

$q_{от}^p$ - расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период;

-Общие теплопотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{год}$, кВт·ч/год, определяется по формуле (Г.11) [31]:

$$Q_{общ}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}) \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}; \quad (16)$$

где $ГСОП$ -градусо-сутки отопительного периода для ограждающих конструкций °С·сут;

$V_{от}$ -отапливаемый объем м³;

$k_{об}$ -удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°С);

$k_{вент}$ -удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°С);

-Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , кВт·ч/(м²·год), определяется по формуле (Г.9а) [31]:

$$q = \frac{Q_{от}^{год}}{A_{жс}} \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{год}); \quad (17)$$

где $Q_{от}^{год}$ -общие теплопотери здания за отопительный период, кВт·ч/год,

$A_{жс}$ -площадь внутреннего пространства, м²

2.3 Методика расчета теплопотерь на вентиляцию и оценки экономической целесообразности принятых энергосберегающих решений

При расчете затраченной энергии в прямоточной системе вентиляции на нагревание воздуха. Мощность калорифера определяется по формуле:

$$Q = L \cdot c \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \quad (18)$$

где t_2 – температура воздуха после нагревания, °C;

t_1 – температура наружного воздуха, °C.

Энергия, затраченная при использовании роторного рекуператора тепла:

$$Q_{\text{рот}} = L * c * \rho * (t_2 - t_{\text{рот}}); (18)$$

где $t_{\text{рот}}$ – температура воздуха после ротора, °C.

$$t_{\text{рот}} = t_{\text{нар}} + \eta * (t_{\text{в.ск}} - t_{\text{нар}}); (19)$$

где $t_{\text{нар}}$ – температура наружного воздуха °C.

$$\eta = \frac{t_{\text{рот}} - t_{\text{нар}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}}; (20)$$

где $t_{\text{нар}}$ – температура наружного воздуха, °C.

$t_{\text{рот}}$ – температура воздуха после ротора °C.

$t_{\text{вн}}$ – температура воздуха внутри здания, °C.

А так же при расчете вентиляции, затрачиваемая энергия умножается на показатели количества стояния температуры в течении года, отопительного периода. Более подробно описан в учебном пособии Н.И.Ватин, М.В.Смотракова[33].

Оценка экономической целесообразности принятых энергосберегающих решений сводится к определению разности в оплате тепловой энергии[34]:

$$\Delta = Z_1 - Z_2 \text{руб.} (21)$$

где Z_1 – стоимость тепловой энергии за отопительный период типового варианта здания, находится как:

$$Z_1 = Q_{\text{общ}}^{\text{год}} * 0,00086 * 1270,64 \text{руб.} (22)$$

В соответствии с тарифами на тепловую энергию, стоимость 1 Гкал тепловой энергии составляет 1270,64 руб. без НДС и 1499,36 руб. с НДС согласно данным ООО «Красноярский жилищно-коммунальный комплекс» [35].

2.4 Анализ расчетных параметров наружного климата Красноярского края

Климат Красноярского края резко континентальный. Из-за большой протяженности с севера на юг, климатические условия в крае отличаются высоким разнообразием. На территории Красноярского края выделяют три климатических пояса: арктический - на севере (Норильск, Дудинка, Талнах), субарктический - в центральной части (Лесосибирск, Енисейск) и умеренный - на юге (Красноярск, Ачинск, Железногорск, Назарово, Канск, Зеленогорск, Шарыпово, Сосновоборск, Дивногорск). Кроме того, климат Красноярского края изменяется с запада на восток, поэтому выделяются западные и восточные климатические области, граница которых проходит по реке Енисей [36].

В северной части территории – на Таймыре, характерны сильные колебания температур воздуха в течение года, сильные ветра. Длительность периода с плюсовой температурой свыше 10 градусов Цельсия здесь составляет менее 40 дней.

В Эвенкии отмечается очень холодная зима и теплое короткое лето, но здесь большую часть года наблюдается безветренная погода.

В центральных районах края наблюдается продолжительный зимний период, характеризуется короткое жаркое лето и быстрая смена сезонов. Период с плюсовой температурой свыше 10 градусов Цельсия длится 100-120 дней, но отмечаются колебания температур от -60°C , до $+45^{\circ}\text{C}$.

Для южной части региона, преимущественно равнинной с плодородными почвами территории –характерны теплое лето и умеренно суровая малоснежная зима, средняя температура которой -10°C .

Показатель средней температуры января в Красноярском крае зарегистрирован на -36°C в северных территориях и -18°C в южных. Средняя температура июля в регионе зарегистрирована на показателе $+12^{\circ}\text{C}$ на севере и $+23^{\circ}\text{C}$ на юге [37].

Погода и климат Красноярска-город находится в зоне резко-

континентального климата, который немного смягчается под влиянием незамерзающего зимой Енисея и Красноярского водохранилища. Среднегодовая температура воздуха составляет около $+2^{\circ}\text{C}$, причем переход через ноль происходит как правило 22 апреля и 2 октября. Самый холодный месяц – январь, со средней температурой -16°C , самый теплый месяц – июль, со средней температурой $+19^{\circ}\text{C}$. Зима в Красноярске начинается в середине октября и заканчивается в последних числах апреля. Зима характеризуется сухой и морозной погодой, оттепели случаются редко. Лето начинается в среднем в начале июня и продолжается до 20 августа. Лето в Красноярске характеризуется теплой погодой. Среднегодовое количество осадков составляет около 500 мм, максимум приходится на июль, минимум – на февраль[38].

Погода и климат Норильска-климат в Норильске субарктический. Это один из наиболее холодных и ветряных городов мира. Зима в Норильске длится со второй половины сентября до начала мая. Погода зимой характеризуется сильными морозами и сильными ветрами. Самый холодный месяц – январь, со средней температурой -28°C . Лето в Норильске короткое – с конца июня по конец августа. Погода летом прохладная и пасмурная, со средними температурами $+11^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков в Норильске составляет около 350 мм, причем максимум приходится на август, а минимум – на январь-февраль[39].

Таблица 4 - Основные расчетные параметры наружного климата Красноярского края

Район строительства	Расчетная температура наружного воздуха, $t_n, ^{\circ}\text{C}$	Продолжительность отопительного периода, $z_{от}, \text{сут}$	Средняя суточная температура отопительного периода, $t_{от}, ^{\circ}\text{C}$	Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\text{сут}$
Красноярск	-37	233	-6,7	6221,1
Енисейск	-46	245	-9,6	7252
Норильск	-46	273	-14,6	9445,8

В таблице 4 указаны расчетные параметры 3 городов которые приняты в качестве примеров 3 климатических поясов Красноярского края,

соответственно г. Красноярск для умеренного пояса, г. Енисейск для субарктического пояса и г. Норильск для арктического пояса. Из таблицы можно заметить, что с изменением климатического пояса с юга на север идет увеличение всех характеристик, кроме расчетной температуры наружного воздуха, в г. Енисейск и г. Норильск она одинаковая и равняется - 46°C.

Продолжительность отопительного периода в г. Красноярск составляет 233 дня, то есть начинается в основном с двенадцатого сентября и заканчивается третьего мая. В г. Енисейск продолжительность отопительного периода составляет 245 дней, начинается с шестого сентября по десятое сентября, а в г. Норильск $Z_{от}$ равняется 273 дням, то есть начинается с первого сентября и заканчивается 1 июня. Эти данные кроме определения основных энергетических данных из [31], понадобятся и при подсчете энергозатрат на вентиляцию.

Глава 3 Численные исследования применяемых энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности быстровозводимых зданий для гибкой технологии

3.1 Нахождение универсального типоразмера быстровозводимого здания для гибкой технологии.

Если внимательней рассмотреть типовые проекты, представленные в [19], можно обнаружить, что существует большое разнообразие геометрических исполнений быстровозводимых зданий. В связи с этим для нахождения востребованных габаритов необходимо провести замеры на уже построенных и функционируемых зданиях. В городе Красноярск большое скопление сооружений подобного типа, а именно быстровозводимых складов из сэндвич панелей можно наблюдать на ул. Северное шоссе, на ул. Норильская, ул. Калинина и на ул. Рейдовая. Схема расположения быстровозводимых зданий представлена на рисунке 3.

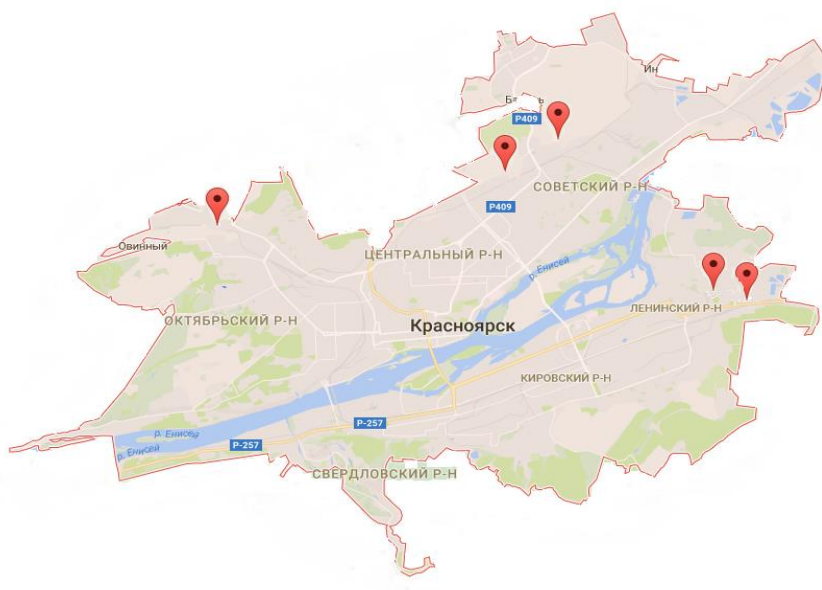


Рисунок 3 - Схема расположения быстровозводимых зданий

Так как наибольшая концентрация быстровозводимых зданий наблюдается на ул. Северное шоссе, было решено провести замеры геометрических размеров именно в этом районе. Измеренные здания, а также результаты представлены на рисунке 4 и таблице 5 соответственно.

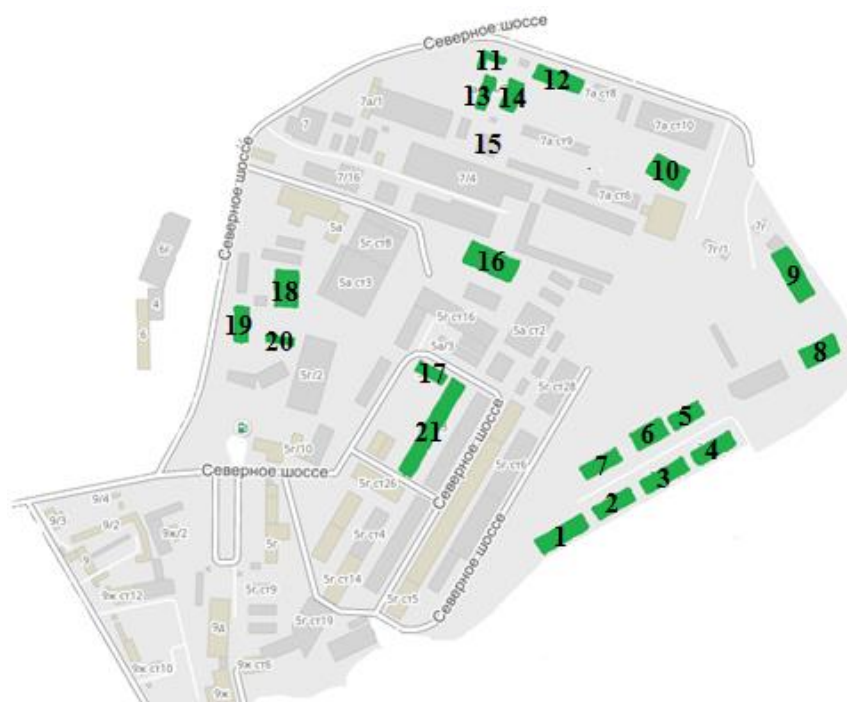


Рисунок 4 - Изображение на карте замеренных складов

Таблица5-Определение геометрических размеров складов

№ склада	Геометрические размеры, м	Площадь, м ²
1	18x54	972
2	20x52	1040
3	20x52	1040
4	20x52	1040
5	16x40	640
6	20x40	800
7	20x60	1200
8	16x40	640
9	20x44	880
10	10x60	600
11		572
12	16x40	640
13	10x26	260
14	10x35	350
15	16x36	536
16	22x36	792
17		976
18	10x32	320
19	24x42	1008
20	16x42	672
21	16x90	1440

В итоге можно сказать, что самыми востребованными типоразмерами быстровозводимых зданий оказались $S=640 \text{ м}^2$ и $S=1040 \text{ м}^2$.

С учетом того, что концепция быстровозводимых зданий для гибкой технологии представляет собой возможность смены функционального назначения здания в период его жизненного цикла, для нахождения универсального типоразмера следует рассматривать не только геометрические размеры складов, но и промышленных зданий, сельхоз зданий и спортивных сооружений [40,41,42]. С учетом размеров спортивных площадок представленных в таблице 5 можно сделать вывод, что из двух востребованных размеров зданий, наиболее универсальным является здания $S=1040 \text{ м}^2$ с размерами в осях 26х40 м.

Таблица 6- Размеры спортивных площадок.

Игры	Размеры игровых площадок, м					
	Максимальные		Минимальные		Стандартные	
	Длина	Ширина	Длина	Ширина	Длина	Ширина
Футбол в закрытом помещении (мини-футбол)	50	25	30	15	40	20
Баскетбол	28	15	24	13	26	14
Волейбол					18	9
Хоккей в закрытом помещении	40	20	36	18		
Гандбол в закрытом помещении	44	22	38	18		
Бадминтон	13,4	6,10	13,4	5,18	12,2	5,5
Теннис	23,77	10,97	23,77	8,23		
<u>Настольный теннис</u> (пинг-понг)					2,74	1,525
Фехтовальная дорожка	24	2	13	1,8		

3.2 Определение затрат тепловой энергии быстровозводимого здания при разнообразном исполнении сэндвич панелей

Нахождение новой ограждающей конструкции будет заключаться в подборе наилучшего вида утеплителя применяемого в сэндвич панелях и расчете его толщины.

В данный момент наиболее часто применяются такие утеплители как пенополиуретан с $\lambda=0,035$ Вт/м⁰С, стекловолокну с $\lambda=0,036$ Вт/м⁰С, минеральная вата с $\lambda=0,038$ Вт/м⁰С и пенополистерол с $\lambda=0,04$ Вт/м⁰С,[43, 44] а толщина применяемых утеплителей может варьироваться от 60 мм до 180 мм. [45, 46].Наглядно разрез сэндвич панели изображен на рисунке 5.

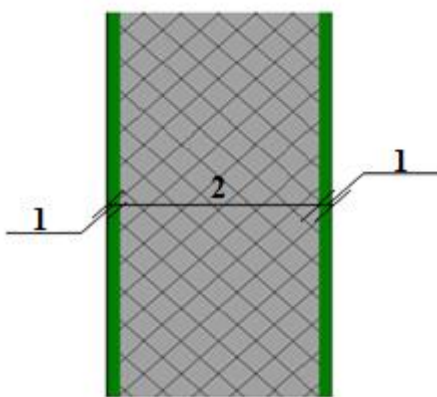


Рисунок 5 - Разрез стенового ограждения здания из сэндвич панелей.
(1-металлический слой, 2-утеплитель)

Кроме коэффициента теплопроводности утеплители обладают такими характеристиками как огнестойкость [47, 48,49,50], класс опасности по токсичности [51, 52,53,54] и класс опасности отходов для окружающей природной среды [55, 56,57,58].

Таблица 7-Характеристики утеплителей

№	Наименование утеплителя	Огнестойкость	Класс опасности по токсичности	Класс опасности отходов для окружающей природной среды
1	Минеральная вата	НГ	II	5
2	Стекловолокну	НГ	II	5
3	Пенополиуретан	Г2	II	3, 4

Продолжение таблицы 7

№	Наименование утеплителя	Огнестойкость	Класс опасности по токсичности	Класс опасности отходов для окружающей природной среды
4	Пенополистерол	Г2	II	3, 4

Зная ГСОП для трех рассматриваемых городов возможно рассчитать минимальную допустимую толщину утеплителей из условий прописанных в пункте 2.1

Таблица 8-Минимально допустимая толщина утеплителя

№	Наименование утеплителя	Населенный пункт		
		Красноярск	Енисейск	Норильск
1	Минеральная вата	120	130	160
2	Стекловолокно	120	130	150
3	Пенополиуретан	110	120	150
4	Пенополистерол	130	140	170

Из таблицы 8 видно, что наименьший минимальной толщиной вследствие наилучшего коэффициента теплопроводности во всех трех городах обладает пенополиуретан, далее идет стекловолокно, третьим следует минераловатный утеплитель и последний это пеннополистерол.

В Приложении Г видно, что лучшим сопротивлением теплопроводности обладает пенополиуретан, далее идет стекловолокно, его сопротивление теплопроводности в среднем меньше на 2,66%, следующий утеплитель, это минеральная вата у которого сопротивление теплопроводности меньше на 7,52%, худшим сопротивлением обладает пенополистерол, у него этот показатель меньше на 11,72% по сравнению с пенополиуретаном.

Таблица 9-Энергетические данные быстровозводимого здания $S=1040 \text{ м}^2$ с применением различных утеплителей в сэндвич панелях.

Здание	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$	Общие теплопотери здания за отопительный период, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$
Красноярск			
Мин. Вата 120 мм.	309,11	321471,49	347269,8
Стекловата 180 мм.	282,09	293376,79	319644,72
Пенополиуретан 180 мм.	280,78	292012,79	318303,52
Пенополистерол 180 мм.	287,32	298808,66	324985,79
Мин. вата 180 мм.	284,71	296097,54	322319,99
Енисейск			
Мин. Вата 130 мм.	359,32	375690,85	341585,79
Стекловата 180 мм.	334,31	347679,76	375497,33
Пенополиуретан 180 мм.	332,78	346089,73	373933,87
Пенополистерол 180 мм.	340,4	354011,74	381723,47
Мин. вата 180 мм.	337,36	350851,36	378615,92
Норильск			
Мин. Вата 160 мм.	459,54	477921,88	509415,72
Стекловата 180 мм.	446,19	464038,06	495763,98
Пенополиуретан 180 мм.	444,2	461967,03	493727,57
Пенополистерол 180 мм.	454,12	472285,53	503873,58
Мин. вата 180 мм.	450,16	468169,11	499825,97

Из таблицы 9 видно, что с учетом климатических особенностей, и изменением толщины утеплителя с минимально допустимых значений, которые рассматриваются как базовые до 180 мм., расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период для г. Красноярск стал меньше при применении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,09 раза, при применении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,08 раза, при применении стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,1 раза, при употреблении пенополиуретанового утеплителя толщиной 180 мм. в 1,1 раза, общие тепловые потери здания за отопительный период стали меньше при употреблении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,09 раза, при использовании пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,07 раза, при использовании стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,09 раза, при применении пенополиуретанового утеплителя толщиной 180 мм. в , 1,09 раза, а удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период стал меньше при расчете с мин. ватой толщиной 180 мм в 1,09 раза, при применении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,09 раза, при применении стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,1 раза, при использовании пенополиуретана толщиной 180 мм. в 1,1.

Для г. Енисейск расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период стал меньше при употреблении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,07 раза, при расчете с пенополистеролом толщиной 180 мм. в 1,06 раза, при применении стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,08 раза, с пенополиуретановым утеплителем толщиной 180 мм. в 1,09 раза, общие тепловые потери здания за отопительный период стали меньше при применении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,06 раза, при употреблении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,05 раза, при использовании стекловолокна толщиной 180 мм. 1,06 раза, при расчете с пенополиуретановым утеплителем толщиной 180 мм. в 1,07 раза, а удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период стал меньше при применении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,07 раза,

при употреблении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,06 раза, при использовании стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,07 раза, с пенополиуретановым утеплителем толщиной 180 мм. в 1,08 раза.

В г. Норильск расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период для рассматриваемого стал меньше при применении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,02 раза, при употреблении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,01 раза, при использовании стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,03 раза, с пенополиуретановым утеплителем толщиной 180 мм. в 1,03 раза, общие теплотери здания за отопительный период стали меньше при применении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,02 раза, при употреблении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,01 раза, при использовании стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,03 раза, с пенополиуретановым утеплителем толщиной 180 мм. в 1,03 раза, а удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период стал меньше при применении мин. ваты толщиной 180 мм в 1,02 раза, при употреблении пенополистерола толщиной 180 мм. в 1,01 раза, при использовании стекловолокна толщиной 180 мм. в 1,03 раза, с пенополиуретановым утеплителем толщиной 180 мм. в 1,03 раза.

Так как рассматривались для всех трех городов утеплители толщиной от минимально разрешенной до 180 мм, а с ухудшением климата толщина минимально дозволенного стенового ограждения увеличивалась, то количество анализируемых толщин сокращалась, следовательно понижался эффект уменьшения энергетических показателей здания от их использования.

3.3 Определение затрат тепловой энергии на вентиляцию здания с прямоточной системой вентиляции и с рекуператором тепла

Сравнение затрат энергии за год при прямоточной системе вентиляции и при использовании приточно-вытяжных вентиляционных установок с роторным рекуператором тепла и пластинчатым рекуператором тепла для г. Красноярск, г. Енисейск и г. Норильск представлены на Рисунках 6, 7, 8. Расчет

будет производиться согласно методике описанной в пункте 2.3 и в источнике [35].

Значения температуры наружного воздуха значительно влияют на затраты энергии для нагрева воздуха в системе вентиляции, поэтому нахождение температуры наружного воздуха, для которой будет выполнен расчет, является важной задачей. Можно производить расчет для расчетной летней и зимней температуры наружного воздуха в выбранном городе. В летний период, когда температура наружного воздуха выше требуемой температуры приточного воздуха, калорифер не используется, поэтому воздух будет проходить через неработающий рекуператор. Следовательно, при расчете затрат энергии на вентиляцию здания надлежит производить расчет для каждой температуры наружного воздуха с учетом времени ее стояния в течение года для зимнего периода[59].

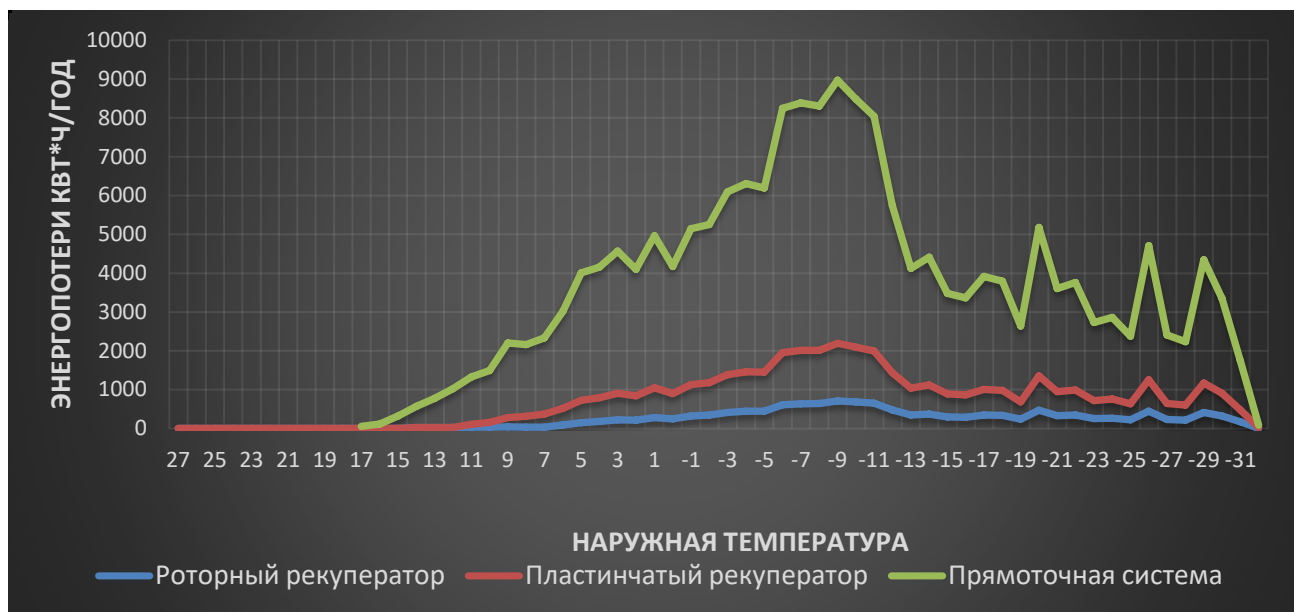


Рисунок 6- Энергозатраты на вентиляцию с учетом времени стояния температур в течение года в г. Красноярск

Для г. Красноярск при КПД роторного утилизатора тепла $\eta=85\%$ значение $Q_{\text{рот}} = 13882,5$ кВт*ч/год. Посчитанные затраты на прямоточную систему вентиляции составили $Q_{\text{пр}} = 191453,22$ кВт*ч/год. Разница затрат на энергию составляет $Q=177570,22$ кВт*ч/год, то есть при применении роторного рекуператора затраты на отопление в системе вентиляции

уменьшаются в 13,8 раза.

При применении пластинчатого рекуператора с КПД $\eta=75\%$ в г. Красноярск при значении $Q_{\text{рот}} = 44394,48 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$. Посчитанные затраты на прямоточную систему вентиляции составили $Q_{\text{пр}} = 191453,22 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$. Разница затрат на энергию составляет $Q=147058,74 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$, то есть при применении пластинчатого рекуператора затраты на отопление в системе вентиляции уменьшаются в 4,3 раза.

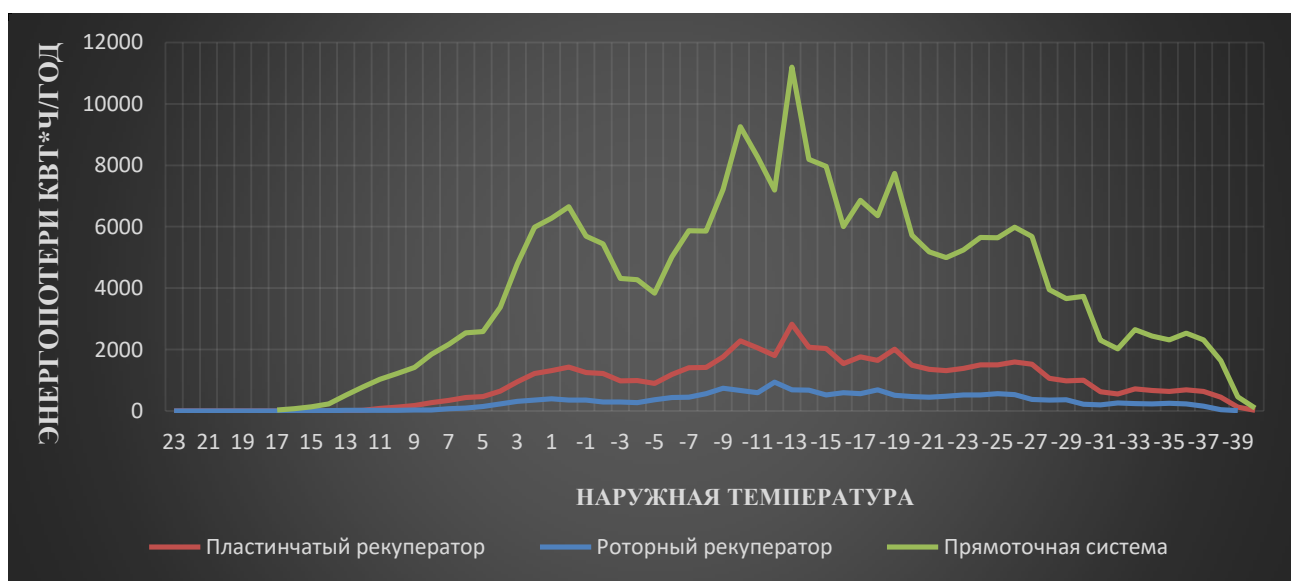


Рисунок 7- Энергозатраты на вентиляцию с учетом времени стояния температур в течение года в г. Енисейск.

Для г. Енисейск при КПД роторного утилизатора тепла $\eta=85\%$ значение $Q_{\text{рот}} = 18921,84 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$. Посчитанные затраты на прямоточную систему вентиляции составили $Q_{\text{пр}} = 242457,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$. Разница затрат на энергию составляет $Q=223535,46 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$, то есть при применении роторного рекуператора затраты на отопление в системе вентиляции уменьшаются в 12,8 раза.

При применении пластинчатого рекуператора с КПД $\eta=75\%$ в г. Енисейск при значении $Q_{\text{рот}} = 58549,53 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$. При посчитанных затратах на прямоточную систему вентиляции, которые составили $Q_{\text{пр}} = 242457,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$, разница затрат на энергию составила $Q=183907,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$, то есть при применении пластинчатого рекуператора затраты на отопление в

системе вентиляции уменьшаются в 4,14 раза.



Рисунок 8- Энергозатраты на вентиляцию с учетом времени стояния температур в течение года в г. Норильск.

Для г. Норильск при КПД роторного утилизатора тепла $\eta=85\%$ значение $Q_{\text{рот}} = 29399,4$ кВт*ч/год. Посчитанные затраты на прямоточную систему вентиляции составили $Q_{\text{пр}} = 302567,4$ кВт*ч/год. Разница затрат на энергию составляет $Q=273168$ кВт*ч/год, то есть при применении роторного рекуператора затраты на отопление в системе вентиляции уменьшаются в 10,29 раза.

При применение пластинчатого рекуператора с КПД $\eta=75\%$ в г. Енисейск при значении $Q_{\text{рот}} = 75097,34$ кВт*ч/год. При посчитанных затратах на прямоточную систему вентиляции, которые составили $Q_{\text{пр}} = 302567,4$ кВт*ч/год, разница затрат на энергию составила $Q=227470,06$ кВт*ч/год., то есть при применении пластинчатого рекуператора затраты на отопление в системе вентиляции уменьшаются в 4,03 раза.

По всем трем графикам можно сказать, что при применении в системе вентиляции роторного рекуператора тепла теплотери сократились в среднем в 12,3 раза.эти же потери при применении в системе вентиляции

пластинчатого рекуператора тепла сократились в среднем в 4,16 раза.

3.4 Техничко-экономическое обоснование энергосберегающих мероприятий для быстровозводимого здания

	Красноярск	Енисейск	Норильск
Стоимость строительства здания с сэндвич панелями из минераловатного утеплителя, руб.	24702080	28236190	39994340
Стоимость строительства 1м ² ,руб.	23752	27150,18	38456,1
Стоимость расходуемой тепловой энергии за отопительный период, руб.	379288,1	438053,3	556383,8
Стоимость строительства здания с использованием роторного рекуператора тепла, руб.	27416227,8	30950337,8	42708487,8
Стоимость строительства 1м ² ,руб.	26361,76	29759,94	41065,86
Стоимость расходуемой тепловой энергии за отопительный период, руб.	155173,8	165972,8	243119,3
Стоимость строительства здания с использованием пластинчатого рекуператора тепла, руб.	24765980	28300090	40058240
Стоимость строительства 1м ² ,руб.	23813,44	27211,63	38517,54
Стоимость расходуемой тепловой энергии за отопительный период, руб.	188498,4	209254,1	293030,6
Стоимость строительства здания с сэндвич панелями из стекловаты, руб.	27649250	31453250	41745770
Стоимость строительства 1м ² ,руб.	26614,66	30243,51	40140,16
Стоимость расходуемой тепловой энергии за отопительный период, руб.	349116	410118,2	541473,4

Заключение

Согласно полученных данных, в результате расчета влияния различных энергосберегающих мероприятий можно увидеть значительное сокращение потребления тепловой энергии на обогрев внутреннего пространства быстровозводимого склада из сэндвич-панелей во всех трех городах Красноярского края. Более того рассматриваемые методы энергосбережения можно рекомендовать при проектировании новых, подобных зданий, так как они экономически эффективны.

Рассмотренные методы энергосбережения по их эффективности, возможно поставить в следующей последовательности:

1) Применение в системе вентиляции роторного рекуператора тепла. Даже с учетом того, что его использование привело к удорожанию строительства быстровозводимого здания для всех трех рассматриваемых городов на 8,34%, все произведенные расчеты показали, что метод является крайне эффективным позволяющим в разы снизить потери энергии.

2) Применение в системе вентиляции пластинчатого рекуператора тепла. Несмотря на крайне дешевую стоимость самой установки, использование которой приводит к удорожанию строительства здания на 0,1% и эффективность использования, позволяющая в разы снизить потери энергии тем не менее из-за двух главных недостатков данных рекуператоров их применение в зданиях подобного типа, следует считать нежелательным.

3) Применение ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными характеристиками – хотя этот метод и показал свою эффективность, но по сравнению с применением рекуператоров тепла процент сокращения тепловых потерь является наименьшим. Кроме этого экономический эффект от его применения является крайне спорным, потому что является наиболее трудоемким, кроме работ по смене сэндвич панелей, он еще и подразумевает усиление несущих конструкций вследствие увеличения веса стенового ограждения. А все эти работы влекут за собой

большие финансовые затраты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Асаул А.Н., казаков Ю.Н., Князь И.П., Ерофеев П.Ю. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом под ред. Д.т.н. профессора Ю.Н. Казакова, Санкт-петербург «Гуманистика» 2004г.-464 с.
3. Быстровозводимые здания из сэндвич панелей [Электронный ресурс] / termopanelmonolit – Режим доступа: <http://termopanel63.ru/articles/bystrovozvodimye-zdaniya-iz-sendvich-paneley/>
4. Бирюков А.Н., Федоренко П.Г. «Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях» докл. междунар. науч.-техн. конф. 10-11 декабря 1998 г. СПб., 1998. С.49-51
5. Казаков Ю.Н. «перспективы совершенствования быстровозводимых зданий»/ Военная наука и образование/ 1-ая городская науч. практ. конф. Молодых ученых и студентов 13-16 мая 1996 г.-СПб. - с. 110-114
6. А.Н. Мушинский , С.С. Зимин Строительство быстровозводимых зданий и сооружений//Строительство уникальных зданий и сооружений – 2015
7. Ананьин М.Ю. Быстровозводимые здания из складывающихся секций: автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.01/Ананьина Михаила Юрьевич-Екатеринбург – 1998.-18 с.
8. Исаева Е.И. Быстровозводимые здания // Журнал СтройПРОФиль, 2009. №3(73). С. 11-14
9. Рыбаков В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций. Издательство СПб ГПУ, 2011
10. Ким А.Ю., Харитонов С.П. Быстровозводимые сооружения универсального назначения больших пролетов / Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе/ Сборник научных трудов по

материалам IV Международной научно-практической конференции/Саратов 2016, 253-256с.

11. Коренчук В.В. Патент № 2460853 «Рамнопанельная блок-секция сборно- разборного здания», опубл. 10.09.2012 Бюл. № 25

12. Ефимова Е. В Конструкции быстровозводимых зданий из легких металлических конструкций, современные способы их проектирования/ X Всероссийская конференция «Молодежь и наука»-2014.- 4 с.

13. Современная технология строительства быстровозводимых зданий [Электронный ресурс] / LSTK-CLUB – Режим доступа: <http://lstkclub.ru/tehnologiya-bistrovozvodimih-zdaniy/>

14. Каркасные технологии плюсы и минусы [Электронный ресурс] /makeself – Режим доступа:http://makeself.ru/stroj/karkas/karkas_minus.html

15. Технологии строительства быстровозводимых зданий [Электронный ресурс] / завод металлических конструкций– Режим доступа:<http://zokl.ru/>

16. Современные технологии скоростного строительства [Электронный ресурс] / Бескаркасные арочные здания-Режим доступа: <http://www.severavtodor.ru/smf8-stroiteljstvo-beskarkasnyh-arochnyh-zdaniy>

17. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001

18. Объемно-планировочные и общетехнические решения (устройства) складских зданий[Электронный ресурс]– Режим доступа:<http://finlit.online/torgovoe-delo-knigi/obyemno-planirovochnye-i-obschetechnicheskie-9904.html>

19. Альбом типовых проектов быстровозводимых зданий и сооружений Челябинского Промстройпроекта[Электронный ресурс]/ Проектно-сметная компания – Режим доступа:http://chelpsp.ru/info/album_www.chelpsp.ru.pdf

20. Типовой проект быстровозводимого склада [Электронный ресурс]/ Производственная компания «Рыбинсккомплекс» – Режим доступа:http://www.r-kompleks.ru/products/lmk/lmk_gotovye_proekty/

21. Что такое сэндвич панели? [Электронный ресурс]/Курский заводстроительной конструкции – Режим доступа:<https://kzsk.info/docs/articles/opisanie-sendvich-paneley>

22. Состав сэндвич панели-из чего состоят панели? [Электронный ресурс]– Режим доступа:<http://www.sehndvichpaneli.ru/sostav-sendvich-paneli-iz-chego-sostoyat-paneli/>

23. Здания из сэндвич панелей - преимущества и недостатки [Электронный ресурс]/ Строительная изоляция– Режим доступа:http://build-insulation.ru/zdaniya-iz-sendvich-panelei---preimushhestva-i-nedostatki-articles_785.html

24. Рекуперативный теплообменник [Электронный ресурс]/ Энциклопедия отопления – Режим доступа:<http://ru.teplowiki.org/wiki/>

25. Клетченко Е.В. Применение современных инженерных решений для повышения энергоэффективности систем отопления и вентиляции в гражданских зданиях : 08.04.01/Клетченко Евгений Викторович.-Санкт-Петербург, 2016. 116 с.

26. Пластинчатый рекуператор: обзор, устройство и принцип действия [Электронный ресурс]/ Вентиляция ПРОФИ – Режим доступа:<http://ventilationpro.ru/rekuperation/plastinchatyjj-rekuperator-obzor-ustrojjstvo-i-princip-dejjstviya.html>

27. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года.- М.:ГУИЭС Минэнерго России, 2001.

28. Саммарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность : Монография / О.Д.Саммарин.- Москва: АСВ, 2009-296 с.

29. Энергосбережение. Мероприятия по энергосбережению [Электронный ресурс]– Режим доступа:<http://zeleneet.com/energoberezhenie-meropriyatiya-po-energoberezheniyu-chast-2/978/>

30. Закон об энергосбережении ФЗ №261.

31. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная

редакция СНиП 23-02-2003.

32. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.

33. Ватин Н.И., СмотраковаМ.В.Технико-экономическое обоснование применения систем вентиляции с роторной рекуперацией тепла. Санкт-Петербург, 2003.

34. Горшков А.С., Рымкевич П.П. Методика и пример расчета окупаемости инвестиций при реализации энергосберегающих мероприятий в строительстве // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №9 (188).

35. Красноярский жилищно-коммунальный комплекс[Электронный ресурс]/– Режим доступа:<http://www.kraskom.com/kraskom/>

36. Погода и климат Красноярского края и Красноярска [Электронный ресурс]/Meteonova– Режим доступа:<http://www.meteonova.ru/klimat/24/Krasnoyarsky%20Kray/>

37. Погода и климат Красноярского края и Красноярска [Электронный ресурс]/ Федеральный портал Protown.ru– Режим доступа:<http://protown.ru/information/hide/4344.html>

38 Красноярск: климат[Электронный ресурс]/meteo-tv– Режим доступа: <http://www.meteo-tv.ru/rossiya/krasnoyarskii-krai/krasnoyarsk/weather/climate/>

39. Норильск — город экстремальных температур [Электронный ресурс]/ глобус России-Режим доступа: <http://globusrossii.ru/regionyi/zapolyare/komandirovka-v-norilsk.html>

40. Атлетика [Электронный ресурс]/– Режим доступа:http://atletika-ec.ru/size_athletic_fields

41. Альфа спорт [Электронный ресурс]/Размеры игровых площадок– Режим доступа:<http://alfasport.by/articles/razmery-igrovyyh-ploshchadok-basketbol-futbol-mini-futbol-volejbol-tennisgandbolbadminton.html>

42. Российский полимер[Электронный ресурс]/Размеры спортивных площадок– Режим доступа:<http://russian->

polymer.ru/stati/razmery_sportivnykh_ploshchadok/

43. Отраслевое исследование «Рынок сэндвич-панелей России. Итоги 2013 года. Прогноз до 2016 года» InfoLine

44. Отраслевое исследование «Рынок сэндвич-панелей России. Итоги 2015 года. Прогноз до 2018 года"InfoLine

45. Металл Пром[Электронный ресурс]/Технические характеристики сэндвич панелей– Режим доступа : <https://mpaneli.ru/kharakteristiki-sendvich-paneley.html>

46. ДНСтрой[Электронный ресурс]/Сэндвич панели– Режим доступа : http://www.dnstroy.com/pages/tsena_sendvich_panelej

47. Характеристики минеральной ваты, виды, теплопроводность, вредность[Электронный ресурс]/минераловатный утеплитель– <http://knigastroitelya.ru/uteplenie-doma/mineralnaya-vata.htm>

48. Характеристики стекловаты[Электронный ресурс]/ Гипер стройка– <http://giperstroika.com/steklovata-isover-klassik-tvin-50-1220-8200mm>

49. Пожаробезопасность и огнестойкость ППУ изоляции[Электронный ресурс]/Прайм ППУ–<http://poliuretan-ppu.ru/pogharo-bezopasnosti-ppu.html>

50. Пожаробезопасность и огнестойкость пенополистерола[Электронный ресурс]/Styplex–<http://styplex.ru/tretya-legenda-penopolistirol-ochen-goryuchij-material-i-poetomu-sip-paneli-tozhe-goryat-kak-spichki/>

51. Погода в мире температур [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rp5.ru>

52. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Отапливаемый склад 18х60м



Технологические решения

Отапливаемый склад предназначен для приема, хранения и отпуса материальных ценностей.

Склад представляет собой одноэтажное, отапливаемое здание со встроенными помещениями.

Вместимость склада — 884т. Температура на складе +5°C.

На складе предполагается размещение материальных ценностей на паллетных фронтальных стеллажах, а также напольное хранение крупногабаритных грузов.

Грузы поступают на склад автомобильным транспортом. Погрузочно-разгрузочные работы выполняются вручную либо с применением фронтального автопогрузчика. Для перемещения грузов внутри складского помещения используется ручная гидравлическая тележка — рока.

Назначение:	отапливаемый склад
Габариты:	пролет 18м, длина 60м, высота до низа несущих конструкций 4,5м, этажность — 1.
Каркас:	однопролетная поперечная рама выполнена из легких стальных прокатных гнутых профилей ТУ 112000-001-12586100 — 2009. Ригель покрытия — стропильная ферма. Сопряжения ферм и колонн — шарнирное. Крепление колонн к фундаментам — жесткое. Пространственная жесткость каркаса обеспечивается системой горизонтальных связей по покрытию и вертикальными связями по колоннам
Кровля:	двухскатная, сэндвич-панели с минераловатным утеплителем по уклону 10%, толщина — 60мм
Стены:	сэндвич-панели с минераловатным утеплителем, с горизонтальным расположением стыка, толщина — 60мм
Ворота и двери:	наружные — распашные, металлические, с калиткой; внутренние — из поливинилхлоридных профилей
Климатические условия:	— климатический район — II 4 (умеренно-холодный); — температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 — -34°C; — вес снегового покрова для III района — 180 кг/м²; — давление ветра для II района — 30 кг/м²; — технологическая нагрузка — 5 кг/м²; — сейсмичность менее 6 баллов
Огнестойкость:	IV
Огнезащита:	есть
Уровень ответственности:	нормальный
Металлоемкость:	39,7 кг/м²
Здание отапливаемое:	+5 °C
Категория здания:	B3
Грузоподъемные механизмы:	гидравлические тележки — рока

Основные строительные показатели

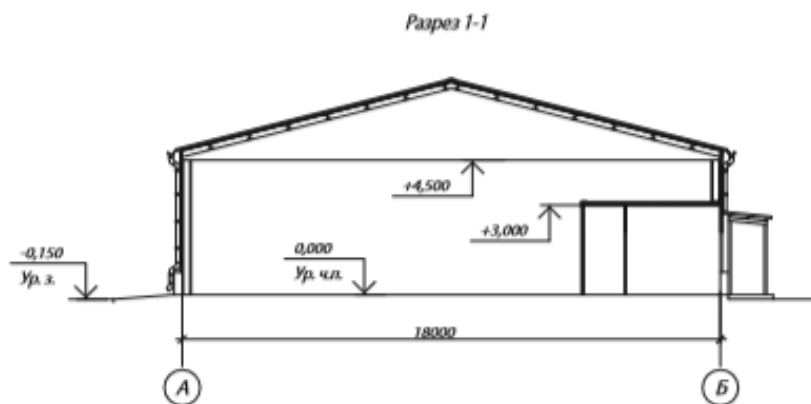
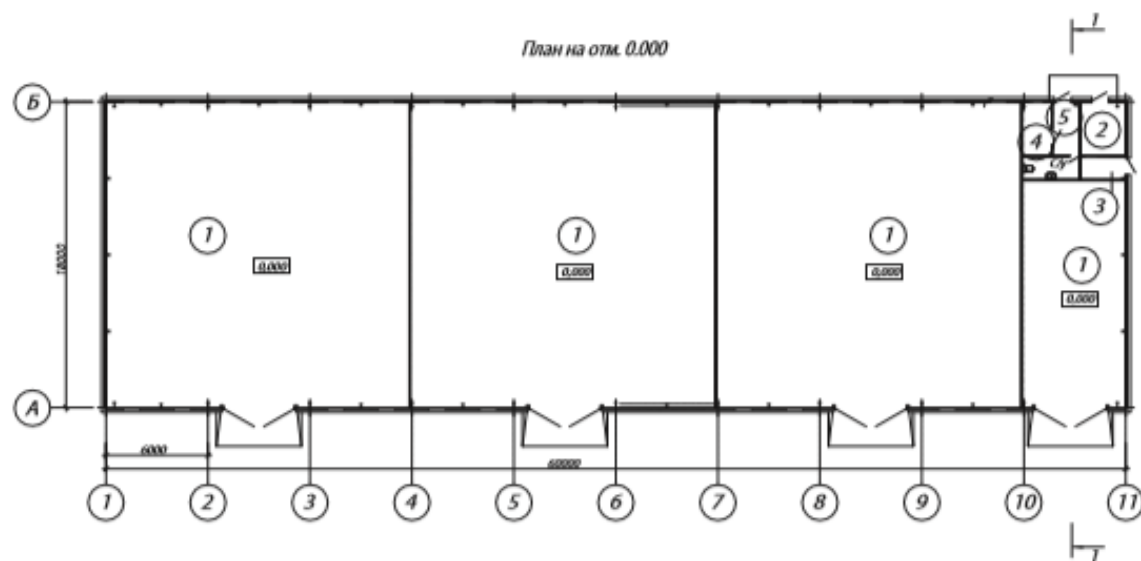
площадь застройки	1165,3 м²
общая площадь	1080 м²
строительный объем	6361,2 м³

Боковой фасад



Главный фасад





Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Площадь, м²	Категория
1	Склад	1048,4	ВЗ
2	Узел ввода	8,4	ВЗ
3	Электрощитовая	3,6	ВЗ
4	Кладовщик	5,4	-
5	Тамбур	5	-

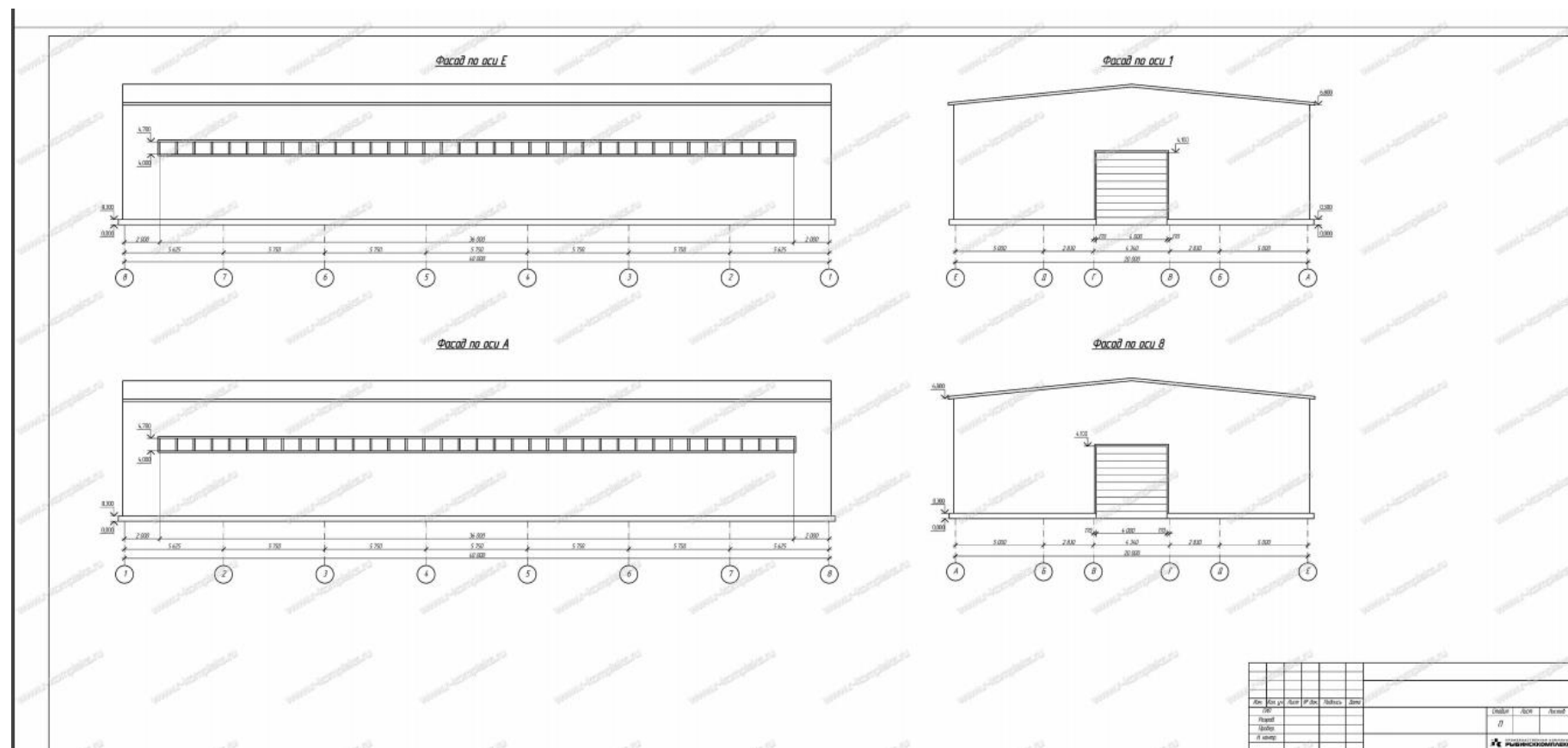
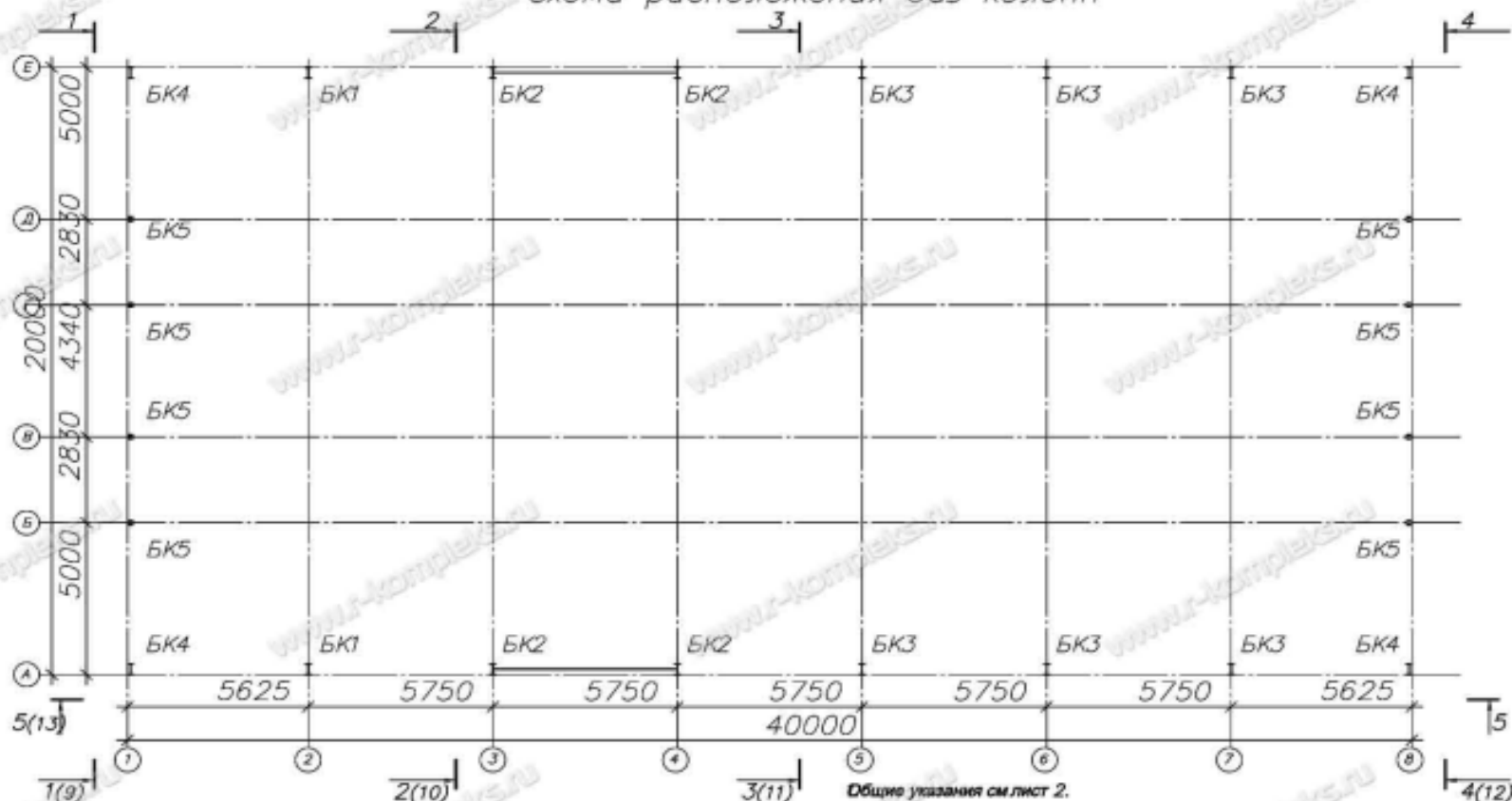


Схема расположения баз колонн



- Общие указания см лист 2.
 2. За положительное направление моментов и поперечных сил принято направление действия усилий из здания.
 3. Конструкцию баз см лист 4.
 4. Класс бетона фундаментов не ниже В15.

Расчетные нагрузки на фундаменты

Имя	Максимальные значения	Минимальные значения
базы	$M_{x, y}$, N , Q_x , Q_y	$M_{x, y}$, N , Q_x , Q_y
БК1	± 3.5 , -18.1 ± 1.7	± 4.5 , -9.5 ± 1.2
БК2	± 3.5 , -19.0 ± 1.7 , ± 0.7	± 4.5 , -11.0 ± 1.2 , ± 1.7
БК3	± 3.8 , -12.6 ± 1.2	± 4.4 , -9.2 ± 1.1
БК4	± 1.5 , -6.8 ± 0.5 , ± 0.3	± 5.5 , -2.2 ± 1.1 , ± 0.3
БК5	± 3.6 , ± 0.3	± 0.3



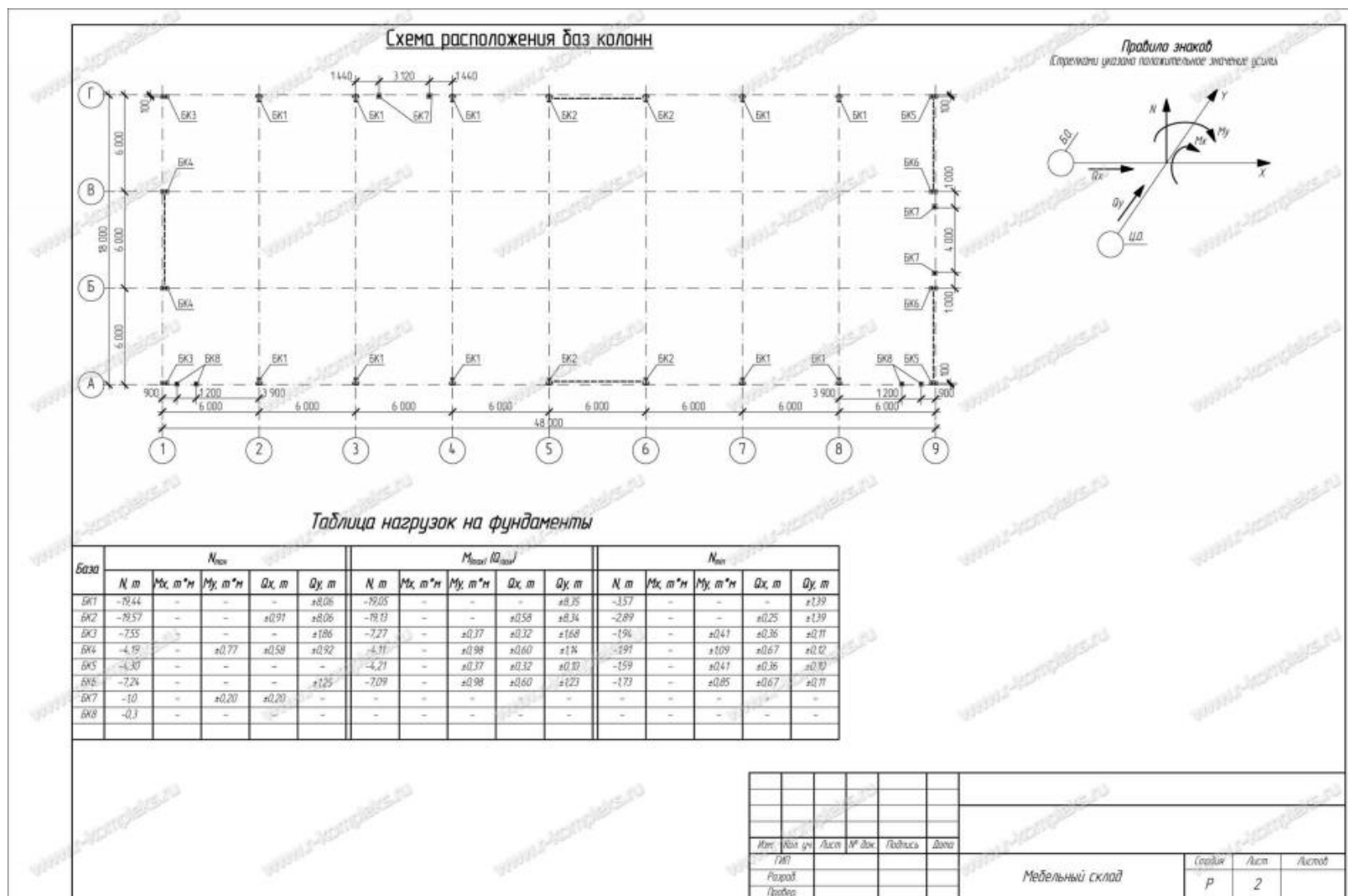
Имя	Кол-во	Лист	N	док	Подп.	Дата
Утверждено						
Ген.пр.						
Проверил						
Разработал						

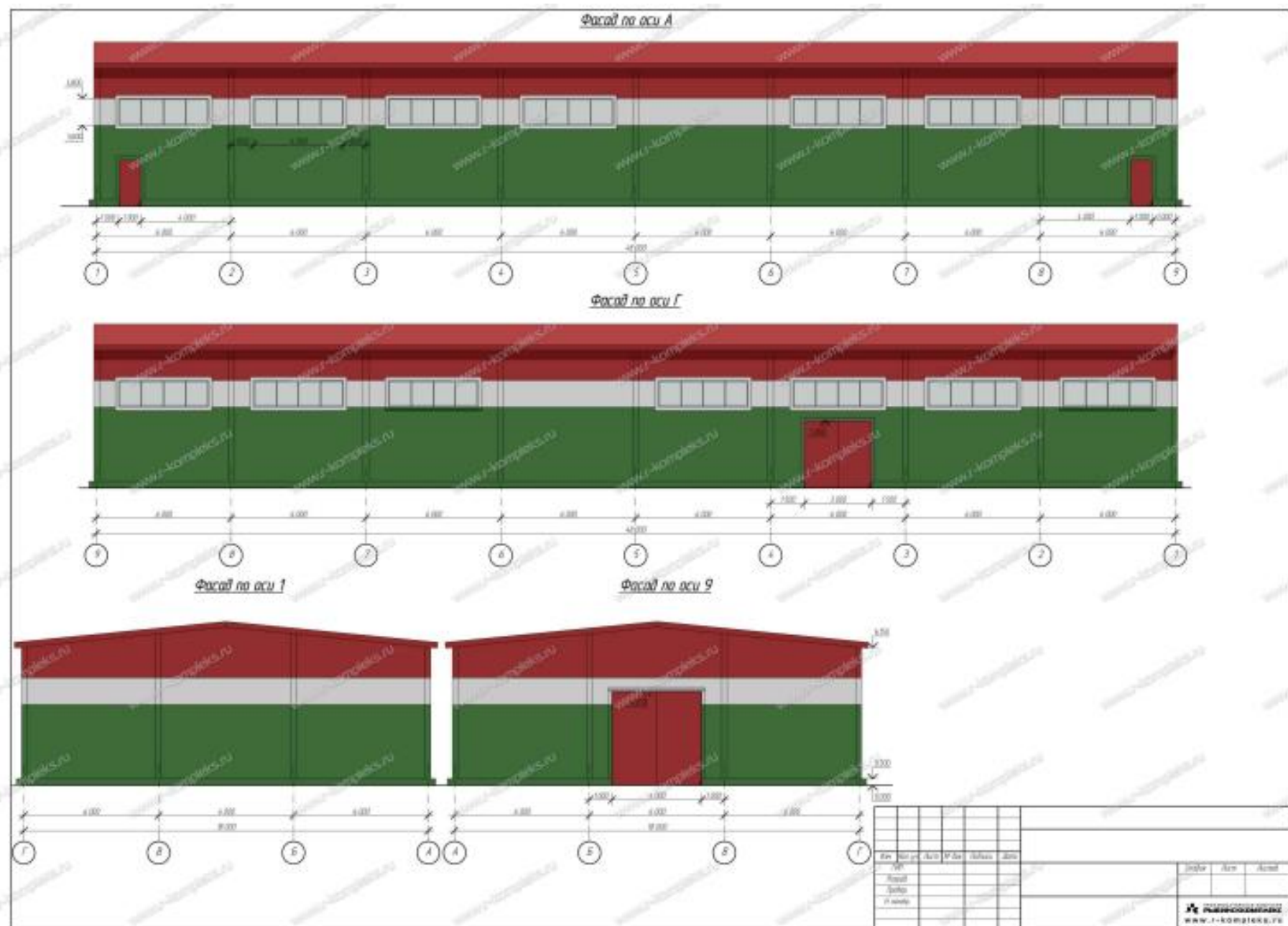
Страница	Лист	Листов
	3	

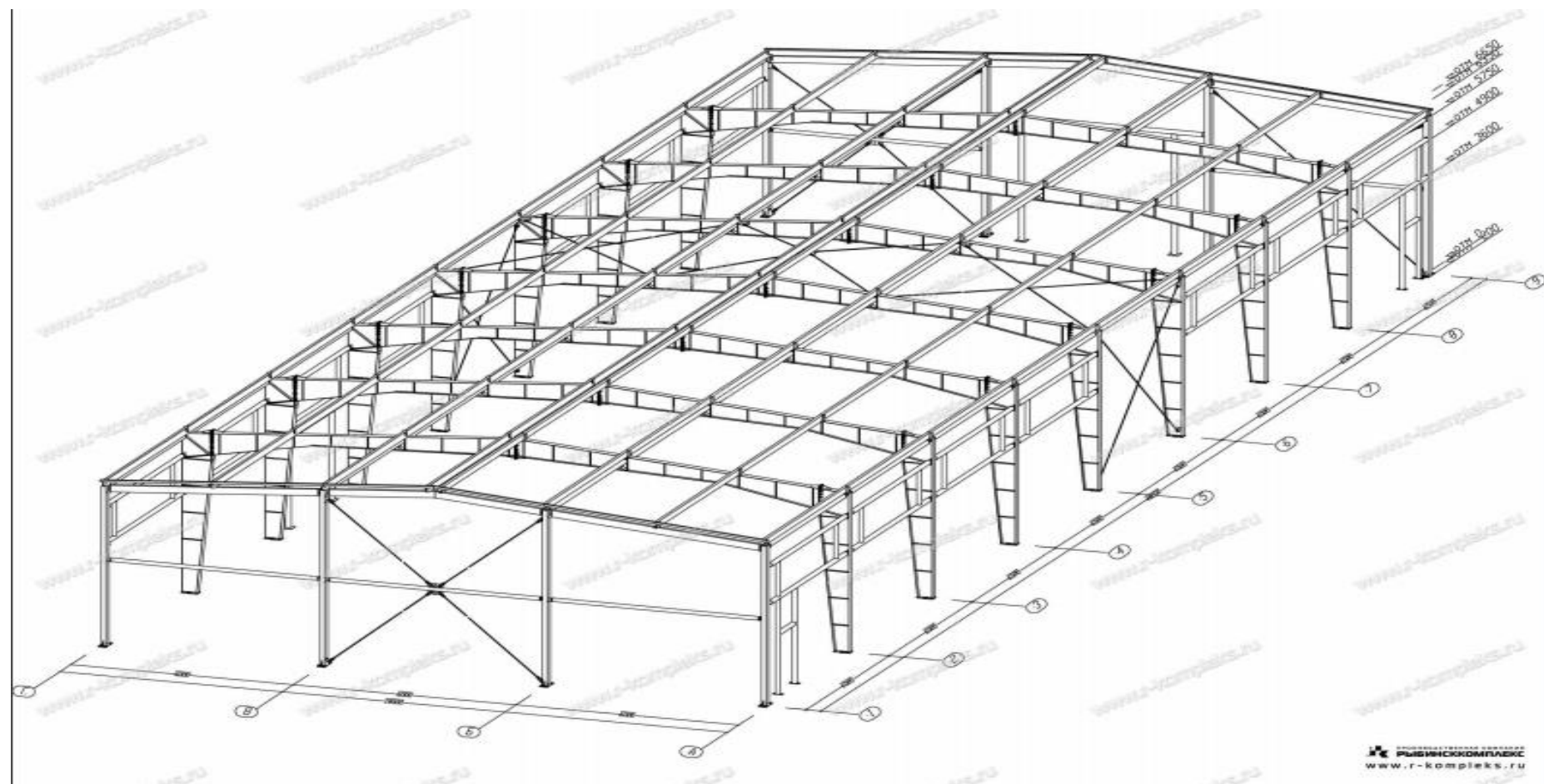
КОМПЛЕКСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
 РЫБИНСКО-КОМПЛЕКС
 www.r-kompleks.ru

Копировать

А3







ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчет энергопотребление быстровозводимого здания для гибкой технологии с размерами в осях 25х40 и $S=1040 \text{ м}^2$. Само здание спроектировано на подобии склада Челябинского Промстройпроекта (Приложение А).

Таблица Б1-Расчетные параметры типового проекта

Геометрические параметры проекта	Значения
Отапливаемый объем, $V_{от} \text{ м}^3$;	5850
Площадь внутреннего пространства, $A_{ж} \text{ м}^2$;	1040
Расчетное количество работников $m_{ж}$ чел.;	15
Высота здания от пола 1-го этажа до верха двухскатной крыши, м	6,75
Общая площадь наружных ограждающих конструкций, $A_{н\text{сум}} \text{ м}^2$, из них фасадов здания, $A_{фас} \text{ м}^2$; в том числе: площадь стен здания, м^2 площадь покрытия, м^2 Общая площадь остекления, $A_{ок} \text{ м}^2$ Площадь входных дверей, $A_{дв} \text{ м}^2$ Площадь распашных ворот, $A_{вр} \text{ м}^2$	1893,6 652,5 549,5 1174,4 14,4 4,56 84

Площадь остекления по сторонам света сведена в таблице Б2:

Таблица Б2-Площадь надземного остекления по сторонам света

Наименование	Площадь остекления, м^2 , ориентированных по сторонам света			
	С	В	Ю	З
Окна	0	0	14,4	0

Так как быстровозводимые здания для гибкой технологии характеризуются возможностью смены назначения от склада, до выставочного павильона, производственного и спортивного сооружения, следует определить максимально возможные параметры внутреннего воздуха для дальнейшего расчета.

Таблица Б3-Параметры внутреннего воздуха [60].

Назначение здания	Расчетная температура внутреннего воздуха $t^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность внутреннего воздуха φ %
Спортивное сооружение	19	45
Складское, производственные сооружения	20	45

Из таблицы Б3 видно, что температура внутреннего воздуха складских и производственных сооружений наибольшая (20°C), следовательно для определения градусо-суток отопительного периода и удельной характеристики бытовых тепловыделений здания надлежит применять именно её.

Таблица Б4-Район строительства – г. Красноярск

Параметры климата	Значения
Расчетная температура наружного воздуха, $t_n^{\circ}\text{C}$	-37
Расчетная температура внутреннего воздуха склада $t_{в.ск}^{\circ}\text{C}$	20
Продолжительность отопительного периода, $z_{от} \text{сут}$	233
Средняя суточная температура отопительного периода $t_{от}^{\circ}\text{C}$	-6,7
Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi \text{в}$ %.	45

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$Dd = (t_{в.ск} - t_{от}) \cdot z_{от} ,$$

$$Dd = (20 + 6,7) \cdot 233 = 6221,1^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}$$

где $t_{в.ск}$ - расчетная температура внутреннего воздуха склада $^{\circ}\text{C}$;

$t_{от}$ -средняя суточная температура отопительного периода $^{\circ}\text{C}$;

$z_{от}$ -продолжительность отопительного периода сут.

Таблица Б5-Район строительства – г. Норильск

Параметры климата	Значения
Расчетная температура наружного воздуха, t_n °C	-46
Расчетная температура внутреннего воздуха склада $t_{в.ск}$ °C	20
Продолжительность отопительного периода, $z_{от}$ сут	273
Средняя суточная температура отопительного периода $t_{от}$ °C	-14,6
Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха фв %.	45

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$Dd = (t_{в.ск} - t_{от}) \cdot z_{от} ,$$

$$Dd = (20 + 14,6) \cdot 273 = 9445,8^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Таблица Б6-Район строительства – г. Енисейск

Параметры климата	Значения
Расчетная температура наружного воздуха, t_n °C	-46
Расчетная температура внутреннего воздуха склада $t_{в.ск}$ °C	20
Продолжительность отопительного периода, $z_{от}$ сут	245
Средняя суточная температура отопительного периода $t_{от}$ °C	-9,6
Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха фв %.	45

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$Dd = (t_{в.ск} - t_{от}) \cdot Z_{от},$$

$$Dd = (20 + 9,6) \cdot 245 = 7252 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Определим базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций:

Нормируемые температурные перепады Δt_n между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций:

стен из сэндвич панелей – 7°C ;

покрытий – 6°C ;

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции может быть определено по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_v},$$

где: α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

R_s – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) / Вт , определяемое для материальных слоев по формуле:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s},$$

где δ_s – толщина слоя, м;

λ_s – теплопроводность материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории;

Согласно применяемым типовым проектам стеновые сэндвич панели состоят из защитного покрытия с двух сторон выполненного из оцинкованной стали толщиной 0,5мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 58,0 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$. и минераловатного утеплителя с рассчитанной минимальной

толщиной 120 мм. для г. Красноярск, толщиной 130 мм. для г. Енисейск, и 160 мм. для г. Норильск с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,038 \text{ Вт/м}^0\text{С}$.



Рисунок Б1 - Стеновая сэндвич панель

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции стены по проекту, показанной на рис.1, может быть посчитано по формуле:

$$R_{o\text{Кр.}} = \frac{1}{8,7} + 3,16 + \frac{1}{20} = 3,32(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) / \text{Вт.}$$

$$R_{o\text{Ен.}} = \frac{1}{8,7} + 3,42 + \frac{1}{20} = 3,59(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) / \text{Вт.}$$

$$R_{o\text{Нор.}} = \frac{1}{8,7} + 4,21 + \frac{1}{20} = 4,38(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) / \text{Вт.}$$

Кровельная сэндвич панель состоит из защитного покрытия с двух сторон выполненного из оцинкованной стали толщиной 0,5мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda= 58,0 \text{ Вт/м}^0\text{С}$. и минераловатного утеплителя с рассчитанной минимальной толщиной 120 мм. для г. Красноярск, толщиной 130 мм. для г. Енисейск, и 160 мм. для г. Норильск с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,038 \text{ Вт/м}^0\text{С}$.



Рисунок Б2 - Кровельная сэндвич панель

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции покрытия по проекту, показанной на рис.Б2, может быть посчитано по формуле:

$$R_{o\text{Кр.}} = \frac{1}{8,7} + 3,16 + \frac{1}{20} = 3,32(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) / \text{Вт.}$$

$$R_{o\text{Ен.}} = \frac{1}{8,7} + 3,42 + \frac{1}{20} = 3,59(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) / \text{Вт.}$$

$$R_{o\text{Нор.}} = \frac{1}{8,7} + 4,21 + \frac{1}{20} = 4,38(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) / \text{Вт.}$$

В проекте заложены стальные распашные ворота по ГОСТ 31174-2003 , и металлические входные двери коробчатого сечения для въезда техники,

имеющие приведенное сопротивление теплопередаче не менее $0,69 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
 $A_{\text{дв}1} = 84 \text{ м}^2$.

Также двери по ГОСТ 21519-2003 из ПВХ с заполнением двухкамерным стеклопакетом СПД 4М1-12- 4М1- 12-И4, имеющие приведенное сопротивление теплопередаче $0,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $A_{\text{дв}2} = 4,56 \text{ м}^2$.

Светопрозрачные конструкции: блоки оконные по ГОСТу 30674-99 из пятикамерного поливинилхлоридного профиля с заполнением двухкамерным стеклопакетом с мягким селективным покрытием, стекла толщиной 4 мм, межстекольное пространство 12 мм. имеющие приведенное сопротивление теплопередаче $R_{\text{прок}} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Таким образом, для расчета расхода тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода принятые значения приведенного сопротивления теплопередаче равны:

- Стены Красноярск: $R=3,32(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$
- Стены Енисейск: $R=3,59(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$
- Стены Норильск: $R=4,38(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$
- ПокрытиеКрасноярск: $R=3,32(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$
- ПокрытиеЕнисейск: $R=3,59(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$
- ПокрытиеНорильск: $R=4,38(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$
- Окна: $R=0,66 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.
- Наружныеметаллические двери: $R=0,69 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
- Наружные двери: $R=0,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Коэффициент остеклености фасадов здания f -отношение площади окон к площади стен, рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{ост}} = \frac{A_{\text{ок}}}{A_{\text{нсум}}},$$

где $A_{\text{ок}}$ -площадь окон м^2 ;

$A_{\text{нсум}}$ -общая площадь наружных ограждающих конструкций м^2

$A_{\text{ост}}=0,008$

Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i (n_{ti} \frac{A_{\phi,i}}{R_{oi}^{пр}}),$$

где $R_{oi}^{пр}$ -приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, $(м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$;

$A_{\phi,i}$ -площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, $м^2$;

$V_{от}$ -отапливаемый объем здания, $м^3$;

n_{ti} -коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле (5.3) [31];

$$k_{обКрасноярск} = \frac{1}{5850} * 669,36 = 0,11 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C).$$

$$k_{обНорильск} = \frac{1}{5850} * 631,29 = 0,11 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C).$$

$$k_{обЕнисейск} = \frac{1}{5850} * 544,56 = 0,09 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C).$$

$$n_{ti} = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}},$$

где: $t_{от}$ -средняя температура наружного воздуха, $^\circ C$,

$t_{в}$ -расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ C$,

$t_{в}^* - t_{от}^*$ - средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, $^\circ C$;

Таблица Б7-Теплозащитные данные здания выбранного за образец для г. Красноярск.

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}, м^2$	$R_{o,i}^{пр}, \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	$n_{t,i} \cdot A_{\phi,i} / R_{o,i}^{пр}, \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	%
Стеновое ограждение	1	549,5	3,32	165,37	24,27
Покрытие	1	1174,4	3,32	353,41	52,80
Окна	1	14,4	0,66	21,82	3,26
Входные двери	1	4,65	0,65	7,02	1,05

Продолжение таблицы Б7

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{ф,i}, \text{м}^2$	$R_{o,i}^{пр}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\frac{n_{t,i} \cdot A_{ф,i}}{R_{o,i}^{пр}}, \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}$	%
Распашные двери	1	84	0,69	121,74	18,19
Сумма				669,36	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле 5.5 [31];

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61},$$

где $V_{от}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м^3

ГСОП-градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$;

$$k_{обКрасн.}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{5850}}}{0,00013 \cdot 5850 + 0,61} = 0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, следовательно, оболочка удовлетворяет нормативным требованиям.

Таблица Б8-Теплозащитные данные здания выбранного за образец для г. Енисейск.

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{ф,i}, \text{м}^2$	$R_{o,i}^{пр}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\frac{n_{t,i} \cdot A_{ф,i}}{R_{o,i}^{пр}}, \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}$	%
Стеновое ограждение	1	549,5	3,59	153,24	24,27
Покрытие	1	1174,4	3,59	327,48	51,87
Окна	1	14,4	0,66	21,82	3,46
Входные двери	1	4,65	0,65	7,02	1,11
Распашные двери	1	84	0,69	121,74	19,28
Сумма				631,29	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле 5.5 [31];

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61},$$

где $V_{от}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, $м^3$

ГСОП-градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций $^{\circ}C \cdot сут$;

$$k_{обКрасн.}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{5850}}}{0,00013 \cdot 5850 + 0,61} = 0,19 \text{ Вт}/(м^3 \cdot ^{\circ}C).$$

Удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, следовательно, оболочка удовлетворяет нормативным требованиям.

Таблица Б9-Теплозащитные данные здания выбранного за образец для г. Норильск

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{ф,i}, м^2$	$R_{o,i}^{пр}, \frac{м^2 \cdot ^{\circ}C}{Вт}$	$\frac{n_{t,i} \cdot A_{ф,i}}{R_{o,i}^{пр}}, \frac{м^2 \cdot ^{\circ}C}{Вт}$	%
Стеновое ограждение	1	549,5	4,38	125,59	23,06
Покрытие	1	1161,6	4,38	268,39	49,29
Окна	1	14,4	0,66	21,82	4,01
Входные двери	1	4,65	0,65	7,02	1,29
Распашные двери	1	84	0,69	121,74	22,36
Сумма				544,56	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле 5.5 [31];

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61},$$

где $V_{от}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, $м^3$

ГСОП-градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций $^{\circ}C \cdot сут$;

$$k_{\text{обКрасн.}}^{\text{тр}} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{5850}}}{0,00013 \cdot 5850 + 0,61} = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{С}).$$

Удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, следовательно, оболочка удовлетворяет нормативным требованиям.

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания $K_m^{\text{тр}} [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})]$, рассчитывается по формуле

$$K_m^{\text{тр}} = k_{\text{общ}} / K_{\text{комп}},$$

где $K_{\text{общ}}$ -общий коэффициент теплопередачи здания ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$, определяемый по формуле:

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{A_{\phi,i}} \sum_i \left(n_{ti} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}} \right),$$

где $K_{\text{комп}}$ -коэффициент компактности здания, м^{-1} определяемый по формуле:

$$K_{\text{комп}} = \frac{A_{\phi,i}}{V_{\text{от}}},$$

где: $A_{\text{н}}^{\text{сум}}$ -сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м^2 .

$$K_m^{\text{тр}} K_p = 0,11/0,2=0,56;$$

$$K_m^{\text{тр}} H = 0,11/0,19=0,58;$$

$$K_m^{\text{тр}} E = 0,09/0,16=0,59;$$

Удельная вентиляционная характеристика здания рассчитывается по формуле (Г.2) [31]:

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_v \cdot \beta_v \cdot \rho_v^{\text{вент}} \cdot (1 - k_{\text{эф}}),$$

где c -удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$;

β_v -коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v=0,85$;

$\rho_v^{\text{вент}}$ -средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг}/\text{м}^3$;

n_v -средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹, определяемая по Г.3[31];

$k_{эф}$ -коэффициент эффективности рекуператора;

Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается по формуле (Ж.1) [31]:

$$k_{вент} K_p = 0,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$k_{вент} H = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$k_{вент} E = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$n_v = [(L_{вент} \cdot n_{вент})/168 + (G_{инф} \cdot n_{инф})/(168 \cdot \rho_v^{вент})] / (\beta_v \cdot V_{от})$$

где $L_{вент}$ - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч;

$n_{вент}$ - число часов работы механической вентиляции в течение недели, 168ч;

$G_{инф}$ -количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч;

$\rho_v^{вент}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³;

β_v -коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v = 0,85$;

$V_{от}$ - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³

$$n_v K_p = 0,9;$$

$$n_v H = 0,9;$$

$$n_v E = 0,9;$$

$$L_{вент} = 4A_p$$

где A_p -расчетная площадь м²;

$$L_{вент} = 4A_p = 4055,2 \text{ м}^2;$$

$$\rho_v^{вент} = 353/(273 + t_{от})$$

где $t_{от}$ -средняя суточная температура отопительного периода °C;

$$\rho_{в}^{вент} Kp. = 353/(273 - 6,7) = 1,33;$$

$$\rho_{в}^{вент} H. = 353/(273 - 14,6) = 1,37;$$

$$\rho_{в}^{вент} E. = 353/(273 - 9,6) = 1,34;$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания рассчитывается по формуле (Г.6) [31]:

$$k_{быт} = \frac{q_{быт} \cdot A_p}{V_{от} \cdot (t_e - t_{от})}$$

где $q_{быт}$ -величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений (Аж) или расчетной площади общественного здания (A_p), Вт/м;

A_p -расчетная площадь м²;

$V_{от}$ -отапливаемый объем м³;

t_e -расчетная температура внутреннего воздуха здания, °C;

$t_{от}$ -средняя суточная температура отопительного периода °C;

$$k_{быт} Kp. = 0,041;$$

$$k_{быт} H. = 0,031;$$

$$k_{быт} E. = 0,037;$$

$$q_{быт} = 6,1 \text{ Вт/м}^2$$

Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации рассчитывается по формуле (Г.7) [31]:

$$k_{рад} = \frac{11,6 \cdot Q_{рад}^{год}}{(V_{от} \cdot ГСОП)} ;$$

где $Q_{рад}^{год} = \tau_F \cdot k_F (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4) + \tau_{scy} k_{scy} A_{scy} I_{hor} = 0,8 \cdot 0,68 \cdot (0 \cdot 860 + 0 \cdot 1200 + 14,4 \cdot 1808 + 0 \cdot 1200) + 0 = 14163,15 \text{ МДж.}$

$V_{от}$ -отапливаемый объем м³;

ГСОП-градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) для ограждающих конструкций °C·сут;

$$k_{рад} Kp. = 0,005 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} ;$$

$$k_{рад} H. = 0,003 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} ;$$

$$k_{\text{рад}} E. = 0,004 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}};$$

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период рассчитывается по формуле (Г.1) [31]:

$$q_{\text{от}}^p = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h$$

где ν – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций.

$$\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (\text{ГСОП} - 1000);$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода для ограждающих конструкций $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$;

$$\nu K_p = 0,83;$$

$$\nu H. = 0,91;$$

$$\nu E. = 0,86;$$

$k_{\text{об}}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{вент}}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{быт}}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{рад}}$ – удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

ν – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций;

ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления;

ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплостребования жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление;

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплостребование системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплостерями через радиаторные участки ограждений,

повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения

$$q_{om}^p Kp. = 0,37;$$

$$q_{om}^p H. = 0,36;$$

$$q_{om}^p E. = 0,37;$$

Полученная расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период больше 0,219 Вт/(м³·°С) – величины, требуемой [31].

Найдем величину отклонения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормативного:

$$(q_{om}^p - q_{om}^{mp})/(q_{om}^{mp}/100) = 38,37 \text{ \%}.$$

Класс энергетической эффективности здания для Красноярска «D».

$$(q_{om}^p - q_{om}^{mp})/(q_{om}^{mp}/100) = 35,48\%.$$

Класс энергетической эффективности здания для Норильска «D».

$$(q_{om}^p - q_{om}^{mp})/(q_{om}^{mp}/100) = 37,98 \text{ \%}.$$

Класс энергетической эффективности здания для Енисейска «D».

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт·ч/год, определяется по формуле (Г.10) [31]:

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{om}^p \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}.$$

где $ГСОП$ – градусо-сутки отопительного периода для ограждающих конструкций °С·сут;

$V_{от}$ –отапливаемый объем м³;

q_{om}^p – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период;

$$Q_{от}^{год} Kp. = 321471,49 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год};$$

$$Q_{от}^{год} H. = 477921,88 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год};$$

$$Q_{от}^{год} E. = 373691,49 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год};$$

Общие теплопотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{год}$, кВт·ч/год, определяется по формуле (Г.11) [31]:

$$Q_{общ}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}) \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}.$$

где $ГСОП$ -градусо-сутки отопительного периода для ограждающих конструкций $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$;

$V_{от}$ -отапливаемый объем м^3 ;

$k_{об}$ -удельная теплозащитная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$k_{вент}$ -удельная вентиляционная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$$Q_{общ}^{год} Kp. = 347269,80 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год};$$

$$Q_{общ}^{год} H. = 509415,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год};$$

$$Q_{общ}^{год} E. = 401074,25 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год};$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , $\text{кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, определяется по формуле (Г.9а) [31]:

$$q = \frac{Q_{от}^{год}}{A_{ж}} = \text{кВт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

где $Q_{от}^{год}$ -общие теплопотери здания за отопительный период, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$,

$A_{ж}$ -площадь внутреннего пространства, м^2

$$qKp. = 309,11 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}};$$

$$qH. = 459,54 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}};$$

$$qE. = 359,32 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}};$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1-Расчеты теплотехнических показателей здания с размерами 26х40 м. с применением пенополиуретана в ограждающей конструкции

Вид утеплителя	Толщина утеплителя	Город	Класс энергетической эффективности	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/(м ² ·год)	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/год	Общие теплототери здания за отопительный период, кВт·ч/год
Пенополиуретан	110	Красноярск	D (38,52)	309,45	321829,59	347621,91
		Енисейск	-	-	-	-
		Норильск	-	-	-	-
	120	Красноярск	D (35,81)	303,4	315538,13	341435,62
		Енисейск	D (37,91)	359,15	373513,46	400899,2
		Норильск	-	-	-	-
	130	Красноярск	D (33,5)	298,24	310173,39	336160,55
		Енисейск	D (35,6)	353,13	367259,73	394750
		Норильск	-	-	-	-
	140	Красноярск	D (31,51)	293,79	305544,66	331609,2
		Енисейск	D (33,61)	347,95	361863,97	389444,44
		Норильск	-	-	-	-
	150	Красноярск	D (29,77)	289,91	301510,2	327642,17
		Енисейск	D (31,87)	343,42	357160,96	384820,04
		Норильск	D (35,04)	458,6	476387,41	507906,9
	160	Красноярск	D (28,25)	286,5	297962,47	324153,74
		Енисейск	D (30,25)	339,45	353025,33	380753,54
		Норильск	D (33,52)	452,89	471000,72	502610,24
	170	Красноярск	D (26,89)	283,48	294818,39	321062,22
		Енисейск	D (28,92)	335,92	349360,25	377149,72
		Норильск	D (32,16)	448,3	466226,91	497916,24
	180	Красноярск	D (25,69)	280,78	292012,79	318303,52
		Енисейск	D (27,79)	332,78	346089,73	373933,87
		Норильск	D (30,96)	444,2	461967,03	493727,57

Таблица В2-Расчеты теплотехнических показателей здания с размерами 26х40 м. с применением стекловаты в ограждающей конструкции

Вид утеплителя	Толщина утеплителя	Город	Класс энергетической эффективности	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/(м ² ·год)	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/год	Общие теплопотери здания за отопительный период, кВт·ч/год
Стекловата	120	Красноярск	D (36,66)	305,31	317521,1	343385,44
		Енисейск	-	-	-	-
		Норильск	-	-	-	-
	130	Красноярск	D (34,40)	300,02	312017,01	337973,36
		Енисейск	D (36,40)	355,2	369408,85	396863,2
		Норильск	-	-	-	-
	140	Красноярск	D (32,25)	295,45	307267,2	333302,94
		Енисейск	D (34,35)	349,88	363871,94	391418,85
		Норильск	-	-	-	-
	150	Красноярск	D (30,47)	291,47	303126,55	329231,5
		Енисейск	D (32,57)	345,24	359045,15	386672,73
		Норильск	D (35,74)	460,42	478841,59	510320,05
	160	Красноярск	D (28,90)	287,97	299484,94	325650,77
		Енисейск	D (31,00)	341,15	354800,09	382498,64
		Норильск	D (34,17)	455,11	473312,36	504883,25
	170	Красноярск	D (27,51)	284,86	296257,28	322477,07
		Енисейск	D (29,61)	337,54	351037,58	378799,02
		Норильск	D (32,78)	450,4	468411,65	500064,46
	180	Красноярск	D (26,27)	282,09	293376,79	319644,72
		Енисейск	D (28,37)	334,31	347679,76	375497,33
		Норильск	D (31,54)	446,19	464038,06	495763,98

Таблица В3-Расчеты теплотехнических показателей здания с размерами 26х40 м. с применением минеральной ваты в ограждающей конструкции

Вид утеплителя	Толщина утеплителя	Город	Класс энергетической эффективности	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/(м ² ·год)	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/год	Общие теплотери здания за отопительный период, кВт·ч/год
Минеральная вата	120	Красноярск	D (38,37)	309,11	321471,49	347269,8
		Енисейск	-	-	-	-
		Норильск	-	-	-	-
	130	Красноярск	D (35,88)	303,55	315690,85	341585,79
		Енисейск	D (37,98)	359,32	373691,49	404074,25
		Норильск	-	-	-	-
	140	Красноярск	D (33,73)	298,75	310700,6	336678,95
		Енисейск	D (35,83)	353,73	367874,3	395354,3
		Норильск	-	-	-	-
	150	Красноярск	D (31,86)	294,57	306349	332400,09
		Енисейск	D (33,96)	348,85	362801,59	390366,38
		Норильск	D (37,13)	465,13	483734,39	515131,07
	160	Красноярск	D (30,21)	290,89	302520,82	328635,9
		Енисейск	D (32,31)	344,56	358339,04	385978,43
		Норильск	D (35,48)	459,54	477921,88	509415,72
	170	Красноярск	D (28,75)	287,62	299126,98	325298,8
		Енисейск	D (30,85)	340,75	354382,82	382088,34
		Норильск	D (34,02)	454,59	472768,86	504348,83
	180	Красноярск	D (27,44)	284,71	296097,54	322319,99
		Енисейск	D (29,54)	337,36	350851,36	378615,92
		Норильск	D (32,71)	450,16	468169,11	499825,97

Таблица В4-Расчеты теплотехнических показателей здания с размерами 26х40 м. с применением пенополистерола в ограждающей конструкции

Вид утеплителя	Толщина утеплителя	Город	Класс энергетической эффективности	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/(м ² ·год)	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/год	Общие теплотери здания за отопительный период, кВт·ч/год
Пенополистерол	130	Красноярск	D (37,45)	307,06	319346,93	345180,75
		Енисейск	-			
		Норильск	-			
	140	Красноярск	D (35,20)	302,04	314118,53	340039,75
		Енисейск	D (37,30)	357,56	371858,62	399272,02
		Норильск	-			
	150	Красноярск	D (33,24)	297,65	309557,85	335555,31
		Енисейск	D (35,34)	352,44	366542,19	394044,46
		Норильск	-			
	160	Красноярск	D (31,51)	293,79	305544,66	331609,2
		Енисейск	D (33,61)	347,95	361863,97	389444,44
		Норильск	-			
	170	Красноярск	D (29,98)	290,37	301985,95	328109,97
		Енисейск	D (32,08)	343,96	357715,54	385365,36
		Норильск	D (35,25)	458,76	477109,77	508617,18
	180	Красноярск	D (28,61)	287,32	298808,66	324985,79
		Енисейск	D (30,71)	340,4	354011,74	381723,47
		Норильск	D (33,88)	454,12	472285,53	503873,58

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г1-Расчетные характеристики утеплителя

Наименование материалов	Толщина утеплителя 100 мм	Толщина утеплителя 110 мм	Толщина утеплителя 120 мм
	R	R	R
Пенополиуретан	3,02	3,31	3,59
Минеральная вата	2,80	3,06	3,32
Пенополистерол	2,67	2,92	3,17
Стекловолокно	2,94	3,22	3,5

Продолжение таблицы Г1

Наименование материалов	Толщина утеплителя 130 мм	Толщина утеплителя 140 мм	Толщина утеплителя 150 мм
	R	R	R
Пенополиуретан	3,88	4,17	4,45
Минеральная вата	3,59	3,85	4,11
Пенополистерол	3,42	3,67	3,92
Стекловолокно	3,78	4,05	4,33

Продолжение таблицы Г1

Наименование материалов	Толщина утеплителя 160 мм	Толщина утеплителя 170 мм	Толщина утеплителя 180 мм
	R	R	R
Пенополиуретан	4,74	5,02	5,31
Минеральная вата	4,38	4,64	4,9
Пенополистерол	4,17	4,42	4,67
Стекловолокно	4,61	4,89	5,17

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д1-Затраты энергии за год для прямоточной системы вентилиации в г.Красноярск

Температура наружного воздуха, оС	Время стояния данной температуры в течение года, ч	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха в прямоточной установке, кВт	Затраты энергии за год при прямоточной системе, кВтЧ
27	1		
26	2		
25	2		
24	3		
23	4		
22	4		
21	13		
20	10		
19	10		
18	24		
17	33	1,62	53,46
16	36	3,24	116,64
15	65	4,86	315,9
14	87	6,48	563,76
13	95	8,1	769,5
12	105	9,72	1020,6
11	117	11,34	1326,78
10	115	12,96	1490,4
9	151	14,58	2201,58
8	133	16,2	2154,6
7	131	17,82	2334,42
6	155	19,44	3013,2
5	190	21,06	4001,4
4	183	22,68	4150,44
3	188	24,3	4568,4
2	158	25,92	4095,36
1	180	27,54	4957,2
0	143	29,16	4169,88
-1	167	30,78	5140,26
-2	162	32,4	5248,8
-3	179	34,02	6089,58
-4	177	35,64	6308,28
-5	166	37,26	6185,16
-6	212	38,88	8242,56
-7	207	40,5	8383,5
-8	197	42,12	8297,64
-9	205	43,74	8966,7
-10	187	45,36	8482,32
-11	171	46,98	8033,58
-12	118	48,6	5734,8
-13	82	50,22	4118,04
-14	85	51,84	4406,4
-15	65	53,46	3474,9
-16	61	55,08	3359,88
-17	69	56,7	3912,3
-18	65	58,32	3790,8
-19	44	59,94	2637,36
-20	84	61,56	5171,04
-21	57	63,18	3601,26
-22	58	64,8	3758,4
-23	41	66,42	2723,22
-24	42	68,04	2857,68
-25	34	69,66	2368,44
-26	66	71,28	4704,48
-27	33	72,9	2405,7
-28	30	74,52	2235,6
-29	57	76,14	4339,98
-30	43	77,76	3343,68
-31	22	79,38	1746,36
-32	1	81	81
Итого			191453,22

Таблица Д2-Затраты энергии за год в вентиляции с роторным рекуператором тепла в г. Красноярск

Температура наружного воздуха, оС	Время стояния данной температуры в течение года, ч	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха в прямоточной установке, кВт	Затраты энергии за год при прямоточной системе, кВтЧ	Температура воздуха после рекуператора , °С	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха после рекуператора, кВт	Мощность двигателя, кВт	Затраты энергии на роторе, возникающие из- за потерь напора, кВт	Общие затраты энергии, кВт	Затраты энергии за год при использовании установок с рекуперацией, кВтЧ
27	1			21,05			0,25	0,25	0,25
26	2			20,9			0,25	0,25	0,5
25	2			20,75			0,25	0,25	0,5
24	3			20,6			0,25	0,25	0,75
23	4			20,45			0,25	0,25	1
22	4			20,3			0,25	0,25	1
21	13			20,15			0,25	0,25	3,25
20	10			20			0,25	0,25	2,5
19	10			19,85			0,25	0,25	2,5
18	24			19,7			0,25	0,25	6
17	33	1,62	53,46	19,55			0,25	0,25	8,25
16	36	3,24	116,64	19,4			0,25	0,25	9
15	65	4,86	315,9	19,25			0,25	0,25	16,25
14	87	6,48	563,76	19,1			0,25	0,25	21,75
13	95	8,1	769,5	18,95			0,25	0,25	23,75
12	105	9,72	1020,6	18,8			0,25	0,25	26,25
11	117	11,34	1326,78	18,65			0,25	0,25	29,25
10	115	12,96	1490,4	18,5			0,25	0,25	28,75
9	151	14,58	2201,58	18,35			0,25	0,25	37,75
8	133	16,2	2154,6	18,2			0,25	0,25	33,25
7	131	17,82	2334,42	18,05			0,25	0,25	32,75
6	155	19,44	3013,2	17,9	0,19	0,15	0,25	0,59	91,45
5	190	21,06	4001,4	17,75	0,38	0,15	0,25	0,78	148,2
4	183	22,68	4150,44	17,6	0,57	0,15	0,25	0,97	177,51
3	188	24,3	4568,4	17,45	0,76	0,15	0,25	1,16	218,08
2	158	25,92	4095,36	17,3	0,95	0,15	0,25	1,35	213,3
1	180	27,54	4957,2	17,15	1,14	0,15	0,25	1,54	277,2
0	143	29,16	4169,88	17	1,33	0,15	0,25	1,73	247,39
-1	167	30,78	5140,26	16,85	1,52	0,15	0,25	1,92	320,64
-2	162	32,4	5248,8	16,7	1,71	0,15	0,25	2,11	341,82
-3	179	34,02	6089,58	16,55	1,9	0,15	0,25	2,3	411,7
-4	177	35,64	6308,28	16,4	2,09	0,15	0,25	2,49	440,73
-5	166	37,26	6185,16	16,25	2,28	0,15	0,25	2,68	444,88
-6	212	38,88	8242,56	16,1	2,47	0,15	0,25	2,87	608,44
-7	207	40,5	8383,5	15,95	2,66	0,15	0,25	3,06	633,42
-8	197	42,12	8297,64	15,8	2,85	0,15	0,25	3,25	640,25
-9	205	43,74	8966,7	15,65	3,04	0,15	0,25	3,44	705,2
-10	187	45,36	8482,32	15,5	3,23	0,15	0,25	3,63	678,81
-11	171	46,98	8033,58	15,35	3,42	0,15	0,25	3,82	653,22
-12	118	48,6	5734,8	15,2	3,61	0,15	0,25	4,01	473,18
-13	82	50,22	4118,04	15,05	3,8	0,15	0,25	4,2	344,4
-14	85	51,84	4406,4	14,9	3,99	0,15	0,25	4,39	373,15
-15	65	53,46	3474,9	14,75	4,18	0,15	0,25	4,58	297,7
-16	61	55,08	3359,88	14,6	4,37	0,15	0,25	4,77	290,97
-17	69	56,7	3912,3	14,45	4,56	0,15	0,25	4,96	342,24
-18	65	58,32	3790,8	14,3	4,75	0,15	0,25	5,15	334,75
-19	44	59,94	2637,36	14,15	4,94	0,15	0,25	5,34	234,96
-20	84	61,56	5171,04	14	5,13	0,15	0,25	5,53	464,52
-21	57	63,18	3601,26	13,85	5,32	0,15	0,25	5,72	326,04
-22	58	64,8	3758,4	13,7	5,51	0,15	0,25	5,91	342,78
-23	41	66,42	2723,22	13,55	5,7	0,15	0,25	6,1	250,1
-24	42	68,04	2857,68	13,4	5,89	0,15	0,25	6,29	264,18
-25	34	69,66	2368,44	13,25	6,08	0,15	0,25	6,48	220,32
-26	66	71,28	4704,48	13,1	6,27	0,15	0,25	6,67	440,22
-27	33	72,9	2405,7	12,95	6,46	0,15	0,25	6,86	226,38
-28	30	74,52	2235,6	12,8	6,65	0,15	0,25	7,05	211,5
-29	57	76,14	4339,98	12,65	6,84	0,15	0,25	7,24	412,68
-30	43	77,76	3343,68	12,5	7,03	0,15	0,25	7,43	319,49
-31	22	79,38	1746,36	12,35	7,22	0,15	0,25	7,62	167,64
-32	1	81	81	12,2	7,41	0,15	0,25	7,81	7,81
Итого			191453,22						13882,5

Таблица ДЗ-Затраты энергии за год в вентиляции с пластинчатым рекуператором тепла в г. Красноярск

Температура наружного воздуха, оС	Температура воздуха после рекуператора, °С	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха после рекуператора, кВт	Мощность двигателя, кВт	Затраты энергии на роторе, возникающие из-за потерь напора, кВт	Общие затраты энергии, кВт	Затраты энергии за год при использовании установок с рекуперацией,
27	21,75			0,25	0,25	0,25
26	21,5			0,25	0,25	0,5
25	21,25			0,25	0,25	0,5
24	21			0,25	0,25	0,75
23	20,75			0,25	0,25	1
22	20,5			0,25	0,25	1
21	20,25			0,25	0,25	3,25
20	20			0,25	0,25	2,5
19	19,75			0,25	0,25	2,5
18	19,5			0,25	0,25	6
17	19,25			0,25	0,25	8,25
16	19			0,25	0,25	9
15	18,75			0,25	0,25	16,25
14	18,5			0,25	0,25	21,75
13	18,25			0,25	0,25	23,75
12	18			0,25	0,25	26,25
11	17,75	0,49	0,15	0,25	0,89	104,13
10	17,5	0,98	0,15	0,25	1,38	158,7
9	17,25	1,47	0,15	0,25	1,87	282,37
8	17	1,96	0,15	0,25	2,36	313,88
7	16,75	2,45	0,15	0,25	2,85	373,35
6	16,5	2,94	0,15	0,25	3,34	517,7
5	16,25	3,43	0,15	0,25	3,83	727,7
4	16	3,92	0,15	0,25	4,32	790,56
3	15,75	4,41	0,15	0,25	4,81	904,28
2	15,5	4,9	0,15	0,25	5,3	837,4
1	15,25	5,39	0,15	0,25	5,79	1042,2
0	15	5,88	0,15	0,25	6,28	898,04
-1	14,75	6,37	0,15	0,25	6,77	1130,59
-2	14,5	6,86	0,15	0,25	7,26	1176,12
-3	14,25	7,35	0,15	0,25	7,75	1387,25
-4	14	7,84	0,15	0,25	8,24	1458,48
-5	13,75	8,33	0,15	0,25	8,73	1449,18
-6	13,5	8,82	0,15	0,25	9,22	1954,64
-7	13,25	9,31	0,15	0,25	9,71	2009,97
-8	13	9,8	0,15	0,25	10,2	2009,4
-9	12,75	10,29	0,15	0,25	10,69	2191,45
-10	12,5	10,78	0,15	0,25	11,18	2090,66
-11	12,25	11,27	0,15	0,25	11,67	1995,57
-12	12	11,76	0,15	0,25	12,16	1434,88
-13	11,75	12,25	0,15	0,25	12,65	1037,3
-14	11,5	12,74	0,15	0,25	13,14	1116,9
-15	11,25	13,23	0,15	0,25	13,63	885,95
-16	11	13,72	0,15	0,25	14,12	861,32
-17	10,75	14,21	0,15	0,25	14,61	1008,09
-18	10,5	14,7	0,15	0,25	15,1	981,5
-19	10,25	15,19	0,15	0,25	15,59	685,96
-20	10	15,68	0,15	0,25	16,08	1350,72
-21	9,75	16,17	0,15	0,25	16,57	944,49
-22	9,5	16,66	0,15	0,25	17,06	989,48
-23	9,25	17,15	0,15	0,25	17,55	719,55
-24	9	17,64	0,15	0,25	18,04	757,68
-25	8,75	18,13	0,15	0,25	18,53	630,02
-26	8,5	18,62	0,15	0,25	19,02	1255,32
-27	8,25	19,11	0,15	0,25	19,51	643,83
-28	8	19,6	0,15	0,25	20	600
-29	7,75	20,09	0,15	0,25	20,49	1167,93
-30	7,5	20,58	0,15	0,25	20,98	902,14
-31	7,25	21,07	0,15	0,25	21,47	472,34
-32	7	21,56	0,15	0,25	21,96	21,96
Итого						44394,48

Таблица Д4- Затраты энергии за год для прямоточной установке вентиляции в г. Енисейск

Температура наружного воздуха, оС	Время стояния данной температуры в течение года, ч	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха в прямоточной установке, кВт	Затраты энергии за год при прямоточной системе, кВтЧ
23	1		
22	2		
21	5		
20	11		
19	12		
18	16		
17	22	1,62	35,64
16	24	3,24	77,76
15	28	4,86	136,08
14	36	6,48	233,28
13	63	8,1	510,3
12	81	9,72	787,32
11	91	11,34	1031,94
10	94	12,96	1218,24
9	97	14,58	1414,26
8	114	16,2	1846,8
7	122	17,82	2174,04
6	131	19,44	2546,64
5	123	21,06	2590,38
4	149	22,68	3379,32
3	197	24,3	4787,1
2	231	25,92	5987,52
1	228	27,54	6279,12
0	228	29,16	6648,48
-1	185	30,78	5694,3
-2	168	32,4	5443,2
-3	127	34,02	4320,54
-4	120	35,64	4276,8
-5	103	37,26	3837,78
-6	129	38,88	5015,52
-7	145	40,5	5872,5
-8	139	42,12	5854,68
-9	165	43,74	7217,1
-10	204	45,36	9253,44
-11	176	46,98	8268,48
-12	148	48,6	7192,8
-13	223	50,22	11199,06
-14	158	51,84	8190,72
-15	149	53,46	7965,54
-16	109	55,08	6003,72
-17	121	56,7	6860,7
-18	109	58,32	6356,88
-19	129	59,94	7732,26
-20	93	61,56	5725,08
-21	82	63,18	5180,76
-22	77	64,8	4989,6
-23	79	66,42	5247,18
-24	83	68,04	5647,32
-25	81	69,66	5642,46
-26	84	71,28	5987,52
-27	78	72,9	5686,2
-28	53	74,52	3949,56
-29	48	76,14	3654,72
-30	48	77,76	3732,48
-31	29	79,38	2302,02
-32	25	81	2025
-33	32	82,62	2643,84
-34	29	84,24	2442,96
-35	27	85,86	2318,22
-36	29	87,48	2536,92
-37	26	89,1	2316,6
-38	18	90,72	1632,96
-39	5	92,34	461,7
-40	1	93,96	93,96
Итого			242457,3

Таблица Д5-Затраты энергии за год в вентиляции с роторным рекуператором тепла в г. Енисейск

Температура наружного воздуха, оС	Время стояния данной температуры в течение года, ч	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха в прямоточной установке, кВт	Затраты энергии за год при прямоточной системе, кВтЧ	Температура воздуха после рекуператора , °С	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха после рекуператора, кВт	Мощность двигателя, кВт	Затраты энергии на роторе, возникающие из-за потерь напора, кВт	Общие затраты энергии, кВт	Затраты энергии за год при использовании установок с рекуперацией, кВтЧ
23	1			20,45			0,25	0,25	0,25
22	2			20,3			0,25	0,25	0,5
21	5			20,15			0,25	0,25	1,25
20	11			20			0,25	0,25	2,75
19	12			19,85			0,25	0,25	3
18	16			19,7			0,25	0,25	4
17	22	1,62	35,64	19,55			0,25	0,25	5,5
16	24	3,24	77,76	19,4			0,25	0,25	6
15	28	4,86	136,08	19,25			0,25	0,25	7
14	36	6,48	233,28	19,1			0,25	0,25	9
13	63	8,1	510,3	18,95			0,25	0,25	15,75
12	81	9,72	787,32	18,8			0,25	0,25	20,25
11	91	11,34	1031,94	18,65			0,25	0,25	22,75
10	94	12,96	1218,24	18,5			0,25	0,25	23,5
9	97	14,58	1414,26	18,35			0,25	0,25	24,25
8	114	16,2	1846,8	18,2			0,25	0,25	28,5
7	122	17,82	2174,04	18,05			0,25	0,25	30,5
6	131	19,44	2546,64	17,9	0,19	0,15	0,25	0,59	77,29
5	123	21,06	2590,38	17,75	0,38	0,15	0,25	0,78	95,94
4	149	22,68	3379,32	17,6	0,57	0,15	0,25	0,97	144,53
3	197	24,3	4787,1	17,45	0,76	0,15	0,25	1,16	228,52
2	231	25,92	5987,52	17,3	0,95	0,15	0,25	1,35	311,85
1	228	27,54	6279,12	17,15	1,14	0,15	0,25	1,54	351,12
0	228	29,16	6648,48	17	1,33	0,15	0,25	1,73	394,44
-1	185	30,78	5694,3	16,85	1,52	0,15	0,25	1,92	355,2
-2	168	32,4	5443,2	16,7	1,71	0,15	0,25	2,11	354,48
-3	127	34,02	4320,54	16,55	1,9	0,15	0,25	2,3	292,1
-4	120	35,64	4276,8	16,4	2,09	0,15	0,25	2,49	298,8
-5	103	37,26	3837,78	16,25	2,28	0,15	0,25	2,68	276,04
-6	129	38,88	5015,52	16,1	2,47	0,15	0,25	2,87	370,23
-7	145	40,5	5872,5	15,95	2,66	0,15	0,25	3,06	443,7
-8	139	42,12	5854,68	15,8	2,85	0,15	0,25	3,25	451,75
-9	165	43,74	7217,1	15,65	3,04	0,15	0,25	3,44	567,6
-10	204	45,36	9253,44	15,5	3,23	0,15	0,25	3,63	740,52
-11	176	46,98	8268,48	15,35	3,42	0,15	0,25	3,82	672,32
-12	148	48,6	7192,8	15,2	3,61	0,15	0,25	4,01	593,48
-13	223	50,22	11199,06	15,05	3,8	0,15	0,25	4,2	936,6
-14	158	51,84	8190,72	14,9	3,99	0,15	0,25	4,39	693,62
-15	149	53,46	7965,54	14,75	4,18	0,15	0,25	4,58	682,42
-16	109	55,08	6003,72	14,6	4,37	0,15	0,25	4,77	519,93
-17	121	56,7	6860,7	14,45	4,56	0,15	0,25	4,96	600,16
-18	109	58,32	6356,88	14,3	4,75	0,15	0,25	5,15	561,35
-19	129	59,94	7732,26	14,15	4,94	0,15	0,25	5,34	688,86
-20	93	61,56	5725,08	14	5,13	0,15	0,25	5,53	514,29
-21	82	63,18	5180,76	13,85	5,32	0,15	0,25	5,72	469,04
-22	77	64,8	4989,6	13,7	5,51	0,15	0,25	5,91	455,07
-23	79	66,42	5247,18	13,55	5,7	0,15	0,25	6,1	481,9
-24	83	68,04	5647,32	13,4	5,89	0,15	0,25	6,29	522,07
-25	81	69,66	5642,46	13,25	6,08	0,15	0,25	6,48	524,88
-26	84	71,28	5987,52	13,1	6,27	0,15	0,25	6,67	560,28
-27	78	72,9	5686,2	12,95	6,5	0,15	0,25	6,9	538,2
-28	53	74,52	3949,56	12,8	6,73	0,15	0,25	7,13	377,89
-29	48	76,14	3654,72	12,65	6,96	0,15	0,25	7,36	353,28
-30	48	77,76	3732,48	12,5	7,15	0,15	0,25	7,55	362,4
-31	29	79,38	2302,02	12,35	7,34	0,15	0,25	7,74	224,46
-32	25	81	2025	12,2	7,53	0,15	0,25	7,93	198,25
-33	32	82,62	2643,84	12,05	7,72	0,15	0,25	8,12	259,84
-34	29	84,24	2442,96	11,9	7,91	0,15	0,25	8,31	240,99
-35	27	85,86	2318,22	11,75	8,1	0,15	0,25	8,5	229,5
-36	29	87,48	2536,92	11,6	8,29	0,15	0,25	8,69	252,01
-37	26	89,1	2316,6	11,45	8,48	0,15	0,25	8,88	230,88
-38	18	90,72	1632,96	11,3	8,67	0,15	0,25	9,07	163,26
-39	5	92,34	461,7	11,15	8,86	0,15	0,25	9,26	46,3
-40	1	93,96	93,96	11	9,05	0,15	0,25	9,45	9,45
Итого			242457,3						18921,84

Таблица Д6-Затраты энергии за год в вентиляции с пластинчатым рекуператором тепла в г. Енисейск

Температура наружного воздуха, оС	Температура воздуха после рекуператора , °С	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха после рекуператора, кВт	Мощность двигателя, кВт	Затраты энергии на роторе, возникающие из-за потерь напора, кВт	Общие затраты энергии, кВт	Затраты энергии за год при использовании установок с рекуперацией, кВтЧ
23	20,75			0,25	0,25	0,25
22	20,5			0,25	0,25	0,5
21	20,25			0,25	0,25	1,25
20	20			0,25	0,25	2,75
19	19,75			0,25	0,25	3
18	19,5			0,25	0,25	4
17	19,25			0,25	0,25	5,5
16	19			0,25	0,25	6
15	18,75			0,25	0,25	7
14	18,5			0,25	0,25	9
13	18,25			0,25	0,25	15,75
12	18			0,25	0,25	20,25
11	17,75	0,49	0,15	0,25	0,89	80,99
10	17,5	0,98	0,15	0,25	1,38	129,72
9	17,25	1,47	0,15	0,25	1,87	181,39
8	17	1,96	0,15	0,25	2,36	269,04
7	16,75	2,45	0,15	0,25	2,85	347,7
6	16,5	2,94	0,15	0,25	3,34	437,54
5	16,25	3,43	0,15	0,25	3,83	471,09
4	16	3,92	0,15	0,25	4,32	643,68
3	15,75	4,41	0,15	0,25	4,81	947,57
2	15,5	4,9	0,15	0,25	5,3	1224,3
1	15,25	5,39	0,15	0,25	5,79	1320,12
0	15	5,88	0,15	0,25	6,28	1431,84
-1	14,75	6,37	0,15	0,25	6,77	1252,45
-2	14,5	6,86	0,15	0,25	7,26	1219,68
-3	14,25	7,35	0,15	0,25	7,75	984,25
-4	14	7,84	0,15	0,25	8,24	988,8
-5	13,75	8,33	0,15	0,25	8,73	899,19
-6	13,5	8,82	0,15	0,25	9,22	1189,38
-7	13,25	9,31	0,15	0,25	9,71	1407,95
-8	13	9,8	0,15	0,25	10,2	1417,8
-9	12,75	10,29	0,15	0,25	10,69	1763,85
-10	12,5	10,78	0,15	0,25	11,18	2280,72
-11	12,25	11,27	0,15	0,25	11,67	2053,92
-12	12	11,76	0,15	0,25	12,16	1799,68
-13	11,75	12,25	0,15	0,25	12,65	2820,95
-14	11,5	12,74	0,15	0,25	13,14	2076,12
-15	11,25	13,23	0,15	0,25	13,63	2030,87
-16	11	13,72	0,15	0,25	14,12	1539,08
-17	10,75	14,21	0,15	0,25	14,61	1767,81
-18	10,5	14,7	0,15	0,25	15,1	1645,9
-19	10,25	15,19	0,15	0,25	15,59	2011,11
-20	10	15,68	0,15	0,25	16,08	1495,44
-21	9,75	16,17	0,15	0,25	16,57	1358,74
-22	9,5	16,66	0,15	0,25	17,06	1313,62
-23	9,25	17,15	0,15	0,25	17,55	1386,45
-24	9	17,64	0,15	0,25	18,04	1497,32
-25	8,75	18,13	0,15	0,25	18,53	1500,93
-26	8,5	18,62	0,15	0,25	19,02	1597,68
-27	8,25	19,11	0,15	0,25	19,51	1521,78
-28	8	19,6	0,15	0,25	20	1060
-29	7,75	20,09	0,15	0,25	20,49	983,52
-30	7,5	20,58	0,15	0,25	20,98	1007,04
-31	7,25	21,07	0,15	0,25	21,47	622,63
-32	7	21,56	0,15	0,25	21,96	549
-33	6,75	22,05	0,15	0,25	22,45	718,4
-34	6,5	22,54	0,15	0,25	22,94	665,26
-35	6,25	23,03	0,15	0,25	23,43	632,61
-36	6	23,52	0,15	0,25	23,92	693,68
-37	5,75	24,01	0,15	0,25	24,41	634,66
-38	5,5	24,5	0,15	0,25	24,9	448,2
-39	5,25	24,99	0,15	0,25	25,39	126,95
-40	5	25,48	0,15	0,25	25,88	25,88
Итого						58549,53

Таблица Д7- Затраты энергии за год для прямоточной установке вентиляции в г. Норильск

Температура наружного воздуха, оС	Время стояния данной температуры в течение года, ч	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха в прямоточной установке, кВт	Затраты энергии за год при прямоточной системе, кВтЧ
23	1		
22	5		
21	6		
20	5		
19	7		
18	5		
17	7	1,62	11,34
16	15	3,24	48,6
15	18	4,86	87,48
14	24	6,48	155,52
13	38	8,1	307,8
12	46	9,72	447,12
11	54	11,34	612,36
10	60	12,96	777,6
9	70	14,58	1020,6
8	118	16,2	1911,6
7	124	17,82	2209,68
6	153	19,44	2974,32
5	190	21,06	4001,4
4	217	22,68	4921,56
3	202	24,3	4908,6
2	211	25,92	5469,12
1	176	27,54	4847,04
0	148	29,16	4315,68
-1	138	30,78	4247,64
-2	170	32,4	5508
-3	136	34,02	4626,72
-4	98	35,64	3492,72
-5	111	37,26	4135,86
-6	134	38,88	5209,92
-7	137	40,5	5548,5
-8	131	42,12	5517,72
-9	136	43,74	5948,64
-10	132	45,36	5987,52
-11	157	46,98	7375,86
-12	183	48,6	8893,8
-13	155	50,22	7784,1
-14	218	51,84	11301,12
-15	188	53,46	10050,48
-16	119	55,08	6554,52
-17	134	56,7	7597,8
-18	141	58,32	8223,12
-19	166	59,94	9950,04
-20	179	61,56	11019,24
-21	124	63,18	7834,32
-22	127	64,8	8229,6
-23	106	66,42	7040,52
-24	94	68,04	6395,76
-25	110	69,66	7662,6
-26	110	71,28	7840,8
-27	132	72,9	9622,8
-28	192	74,52	14307,84
-29	159	76,14	12106,26
-30	95	77,76	7387,2
-31	53	79,38	4207,14
-32	46	81	3726
-33	32	82,62	2643,84
-34	53	84,24	4464,72
-35	65	85,86	5580,9
-36	62	87,48	5423,76
-37	45	89,1	4009,5
-38	18	90,72	1632,96
-39	12	92,34	1108,08
-40	15	93,96	1409,4
-41	7	95,58	669,06
-42	13	97,2	1263,6
Итого			302567,4

Таблица Д8-Затраты энергии за год в вентиляции с роторным рекуператором
тепла в г. Норильск

Температура наружного воздуха, оС	Время стояния данной температуры в течение года, ч	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха в прямоточной установке, кВт	Затраты энергии за год при прямоточной системе, кВтЧ	Температура воздуха после рекуператора , °С	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха после рекуператора, кВт	Мощность двигателя, кВт	Затраты энергии на роторе, возникающие из-за потерь напора, кВт	Общие затраты энергии, кВт	Затраты энергии за год при использовании установок с рекуперацией, кВтЧ
23	1			20,45			0,25	0,25	0,25
22	5			20,3			0,25	0,25	1,25
21	6			20,15			0,25	0,25	1,5
20	5			20			0,25	0,25	1,25
19	7			19,85			0,25	0,25	1,75
18	5			19,7			0,25	0,25	1,25
17	7	1,62	11,34	19,55			0,25	0,25	1,75
16	15	3,24	48,6	19,4			0,25	0,25	3,75
15	18	4,86	87,48	19,25			0,25	0,25	4,5
14	24	6,48	155,52	19,1			0,25	0,25	6
13	38	8,1	307,8	18,95			0,25	0,25	9,5
12	46	9,72	447,12	18,8			0,25	0,25	11,5
11	54	11,34	612,36	18,65			0,25	0,25	13,5
10	60	12,96	777,6	18,5			0,25	0,25	15
9	70	14,58	1020,6	18,35			0,25	0,25	17,5
8	118	16,2	1911,6	18,2			0,25	0,25	29,5
7	124	17,82	2209,68	18,05			0,25	0,25	31
6	153	19,44	2974,32	17,9	0,23	0,15	0,25	0,63	96,39
5	190	21,06	4001,4	17,75	0,46	0,15	0,25	0,86	163,4
4	217	22,68	4921,56	17,6	0,69	0,15	0,25	1,09	236,53
3	202	24,3	4908,6	17,45	0,92	0,15	0,25	1,32	266,64
2	211	25,92	5469,12	17,3	1,15	0,15	0,25	1,55	327,05
1	176	27,54	4847,04	17,15	1,38	0,15	0,25	1,78	313,28
0	148	29,16	4315,68	17	1,61	0,15	0,25	2,01	297,48
-1	138	30,78	4247,64	16,85	1,84	0,15	0,25	2,24	309,12
-2	170	32,4	5508	16,7	2,07	0,15	0,25	2,47	419,9
-3	136	34,02	4626,72	16,55	2,3	0,15	0,25	2,7	367,2
-4	98	35,64	3492,72	16,4	2,53	0,15	0,25	2,93	287,14
-5	111	37,26	4135,86	16,25	2,76	0,15	0,25	3,16	350,76
-6	134	38,88	5209,92	16,1	2,99	0,15	0,25	3,39	454,26
-7	137	40,5	5548,5	15,95	3,22	0,15	0,25	3,62	495,94
-8	131	42,12	5517,72	15,8	3,45	0,15	0,25	3,85	504,35
-9	136	43,74	5948,64	15,65	3,68	0,15	0,25	4,08	554,88
-10	132	45,36	5987,52	15,5	3,91	0,15	0,25	4,31	568,92
-11	157	46,98	7375,86	15,35	4,14	0,15	0,25	4,54	712,78
-12	183	48,6	8893,8	15,2	4,37	0,15	0,25	4,77	872,91
-13	155	50,22	7784,1	15,05	4,6	0,15	0,25	5	775
-14	218	51,84	11301,12	14,9	4,83	0,15	0,25	5,23	1140,14
-15	188	53,46	10050,48	14,75	5,06	0,15	0,25	5,46	1026,48
-16	119	55,08	6554,52	14,6	5,29	0,15	0,25	5,69	677,11
-17	134	56,7	7597,8	14,45	5,52	0,15	0,25	5,92	793,28
-18	141	58,32	8223,12	14,3	5,75	0,15	0,25	6,15	867,15
-19	166	59,94	9950,04	14,15	5,98	0,15	0,25	6,38	1059,08
-20	179	61,56	11019,24	14	6,21	0,15	0,25	6,61	1183,19
-21	124	63,18	7834,32	13,85	6,44	0,15	0,25	6,84	848,16
-22	127	64,8	8229,6	13,7	6,67	0,15	0,25	7,07	897,89
-23	106	66,42	7040,52	13,55	6,9	0,15	0,25	7,3	773,8
-24	94	68,04	6395,76	13,4	7,13	0,15	0,25	7,53	707,82
-25	110	69,66	7662,6	13,25	7,36	0,15	0,25	7,76	853,6
-26	110	71,28	7840,8	13,1	7,59	0,15	0,25	7,99	878,9
-27	132	72,9	9622,8	12,95	7,82	0,15	0,25	8,22	1085,04
-28	192	74,52	14307,84	12,8	8,05	0,15	0,25	8,45	1622,4
-29	159	76,14	12106,26	12,65	8,28	0,15	0,25	8,68	1380,12
-30	95	77,76	7387,2	12,5	8,51	0,15	0,25	8,91	846,45
-31	53	79,38	4207,14	12,35	8,74	0,15	0,25	9,14	484,42
-32	46	81	3726	12,2	8,97	0,15	0,25	9,37	431,02
-33	32	82,62	2643,84	12,05	9,2	0,15	0,25	9,6	307,2
-34	53	84,24	4464,72	11,9	9,43	0,15	0,25	9,83	520,99
-35	65	85,86	5580,9	11,75	9,66	0,15	0,25	10,06	653,9
-36	62	87,48	5423,76	11,6	9,89	0,15	0,25	10,29	637,98
-37	45	89,1	4009,5	11,45	10,12	0,15	0,25	10,52	473,4
-38	18	90,72	1632,96	11,3	10,35	0,15	0,25	10,75	193,5
-39	12	92,34	1108,08	11,15	10,58	0,15	0,25	10,98	131,76
-40	15	93,96	1409,4	11	10,81	0,15	0,25	11,21	168,15
-41	7	95,58	669,06	10,85	11,04	0,15	0,25	11,44	80,08
-42	13	97,2	1263,6	10,7	11,27	0,15	0,25	11,67	151,71
Итого			302567,4						29399,4

Таблица Д9-Затраты энергии за год в вентиляции с пластинчатым рекуператором тепла в г. Норильск

Температура наружного воздуха, оС	Температура воздуха после рекуператора, °С	Количество тепла необходимое для подогрева воздуха после рекуператора, кВт	Мощность двигателя, кВт	Затраты энергии на роторе, возникающие из-за потерь напора, кВт	Общие затраты энергии, кВт	Затраты энергии за год при использовании установок с рекуперацией, кВтЧ
23	20,75			0,25	0,25	0,25
22	20,5			0,25	0,25	1,25
21	20,25			0,25	0,25	1,5
20	20			0,25	0,25	1,25
19	19,75			0,25	0,25	1,75
18	19,5			0,25	0,25	1,25
17	19,25			0,25	0,25	1,75
16	19			0,25	0,25	3,75
15	18,75			0,25	0,25	4,5
14	18,5			0,25	0,25	6
13	18,25			0,25	0,25	9,5
12	18			0,25	0,25	11,5
11	17,75	0,49	0,15	0,25	0,89	48,06
10	17,5	0,98	0,15	0,25	1,38	82,8
9	17,25	1,47	0,15	0,25	1,87	130,9
8	17	1,96	0,15	0,25	2,36	278,48
7	16,75	2,45	0,15	0,25	2,85	353,4
6	16,5	2,94	0,15	0,25	3,34	511,02
5	16,25	3,43	0,15	0,25	3,83	727,7
4	16	3,92	0,15	0,25	4,32	937,44
3	15,75	4,41	0,15	0,25	4,81	971,62
2	15,5	4,9	0,15	0,25	5,3	1118,3
1	15,25	5,39	0,15	0,25	5,79	1019,04
0	15	5,88	0,15	0,25	6,28	929,44
-1	14,75	6,37	0,15	0,25	6,77	934,26
-2	14,5	6,86	0,15	0,25	7,26	1234,2
-3	14,25	7,35	0,15	0,25	7,75	1054
-4	14	7,84	0,15	0,25	8,24	807,52
-5	13,75	8,33	0,15	0,25	8,73	969,03
-6	13,5	8,82	0,15	0,25	9,22	1235,48
-7	13,25	9,31	0,15	0,25	9,71	1330,27
-8	13	9,8	0,15	0,25	10,2	1336,2
-9	12,75	10,29	0,15	0,25	10,69	1453,84
-10	12,5	10,78	0,15	0,25	11,18	1475,76
-11	12,25	11,27	0,15	0,25	11,67	1832,19
-12	12	11,76	0,15	0,25	12,16	2225,28
-13	11,75	12,25	0,15	0,25	12,65	1960,75
-14	11,5	12,74	0,15	0,25	13,14	2864,52
-15	11,25	13,23	0,15	0,25	13,63	2562,44
-16	11	13,72	0,15	0,25	14,12	1680,28
-17	10,75	14,21	0,15	0,25	14,61	1957,74
-18	10,5	14,7	0,15	0,25	15,1	2129,1
-19	10,25	15,19	0,15	0,25	15,59	2587,94
-20	10	15,68	0,15	0,25	16,08	2878,32
-21	9,75	16,17	0,15	0,25	16,57	2054,68
-22	9,5	16,66	0,15	0,25	17,06	2166,62
-23	9,25	17,15	0,15	0,25	17,55	1860,3
-24	9	17,64	0,15	0,25	18,04	1695,76
-25	8,75	18,13	0,15	0,25	18,53	2038,3
-26	8,5	18,62	0,15	0,25	19,02	2092,2
-27	8,25	19,11	0,15	0,25	19,51	2575,32
-28	8	19,6	0,15	0,25	20	3840
-29	7,75	20,09	0,15	0,25	20,49	3257,91
-30	7,5	20,58	0,15	0,25	20,98	1993,1
-31	7,25	21,07	0,15	0,25	21,47	1137,91
-32	7	21,56	0,15	0,25	21,96	1010,16
-33	6,75	22,05	0,15	0,25	22,45	718,4
-34	6,5	22,54	0,15	0,25	22,94	1215,82
-35	6,25	23,03	0,15	0,25	23,43	1522,95
-36	6	23,52	0,15	0,25	23,92	1483,04
-37	5,75	24,01	0,15	0,25	24,41	1098,45
-38	5,5	24,5	0,15	0,25	24,9	448,2
-39	5,25	24,99	0,15	0,25	25,39	304,68
-40	5	25,48	0,15	0,25	25,88	388,2
-41	4,75	25,97	0,15	0,25	26,37	184,59
-42	4,5	26,46	0,15	0,25	26,86	349,18
Итого						75097,34

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е1-Стоимость строительства быстровозводимого здания с сэндвич панелями из минераловатного утеплителя толщиной 120 мм в г. Красноярск

Сводный сметный расчет в сумме 24 702 080руб.

В том числе возвратных сумм

г.Красноярск (сэндвич-панели минплита 120мм)

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отапливаемый склад 26х40м

(наименование стройки)

Составлена в ценах по состоянию на 1 кв 2017г

№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			строитель- ных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ОС 02-01	Объектная смета	2843,927	61,059			2904,986
		Итого по Главе 2. "Основные объекты строительства"	2843,927	61,059			2904,986
Глава 7. Благоустройство и озеленение территории							
		Итого по Главам 1-7	2843,927	61,059			2904,986
Глава 8. Временные здания и сооружения							
2	ГСН-81-05-01-2001 п.4.1.3	Временные здания и сооружения - 1,8%	51,19	1,10			52,29
		Итого по Главе 8. "Временные здания и сооружения"	51,19	1,10			52,29
		Итого по Главам 1-8	2895,12	62,16			2957,28
Глава 9. Прочие работы и затраты							
		Итого по Главам 1-9	2895,12	62,16			2957,28
Проектные и изыскательские работы							
		Итого по Главам 1-12	2895,12	62,16			2957,28
Непредвиденные затраты							
3	МДС81-35.2004 п. 3.5.9.1	Непредвиденные затраты 2%	57,90	1,24			45,83
		Итого "Непредвиденные затраты"	57,90	1,24			45,83
		Итого с непредвиденными:	2953,02	63,40			3016,42
Дополнительные затраты в текущих ценах							
4	Письмо Минстроя	Индекс изменения цен на 1 кв 2017г. СМР 6,94	20493,96	440,00			20933,96
		Итого "Дополнительные затраты в текущих ценах"	20493,96	440,00			20933,96
Налоги и обязательные платежи							
5		Налог 18%	3688,91	79,20			3768,11
		Итого "Налоги и обязательные платежи"	3688,91	79,20			3768,11
		Всего по сводному расчету	24182,87	519,21			24702,08

Таблица Е2-Стоимость строительства быстровозводимого здания с сэндвич панелями из минераловатного утеплителя толщиной 130 мм в г. Енисейск

Сводный сметный расчет в сумме 28 236 190 руб.
В том числе возвратных сумм

г.Енисейск (сэндвич-панели минвата 130мм)

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отапливаемый склад 26х40м

(наименование стройки)

Составлена в ценах по состоянию на 1 кв 2017г

№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			строитель- ных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ОС 02-01	Объектная смета	2889,69	64,793			2954,48
	Итого по Главе 2. "Основные объекты строительства"		2889,69	64,793			2954,48
Глава 7. Благоустройство и озеленение территории							
	Итого по Главам 1-7		2889,69	64,793			2954,48
Глава 8. Временные здания и сооружения							
2	ГСН-81-05-01-2001 п.4.1.3	Временные здания и сооружения - 1,8%	52,01	1,17			53,18
	Итого по Главе 8. "Временные здания и сооружения"		52,01	1,17			53,18
	Итого по Главам 1-8		2941,70	65,96			3007,66
Глава 9. Прочие работы и затраты							
	Итого по Главам 1-9		2941,70	65,96			3007,66
Проектные и изыскательские работы							
	Итого по Главам 1-12		2941,70	65,96			3007,66
Непредвиденные затраты							
3	МДС81-35.2004 п. 3.5.9.1	Непредвиденные затраты 2%	58,83	1,32			45,83
	Итого "Непредвиденные затраты"		58,83	1,32			45,83
	Итого с непредвиденными:		3000,54	67,28			3067,82
Дополнительные затраты в текущих ценах							
4	Письмо Минстроя	Индекс изменения цен на 1 кв 2017г. СМР 7,8	23404,20	524,77			23928,97
	Итого "Дополнительные затраты в текущих ценах"		23404,20	524,77			23928,97
Налоги и обязательные платежи							
5		Налог 18%	4212,76	94,46			4307,22
	Итого "Налоги и обязательные платежи"		4212,76	94,46			4307,22
	Всего по сводному расчету		27616,96	619,23			28236,19

Таблица ЕЗ-Стоимость строительства быстровозводимого здания с сэндвич панелями из минераловатного утеплителя толщиной 160 мм в г. Енисейск

Сводный сметный расчет в сумме 39 994 340 руб.

В том числе возвратных сумм

г.Норильск (сэндвич-панели минплита толщ 160мм)

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отапливаемый склад 26х40м

(наименование стройки)

Составлена в ценах по состоянию на 1 кв 2017г

№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			строитель- ных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ОС 02-01	Объектная смета	4204,337	84,938			4289,275
	Итого по Главе 2. "Основные объекты строительства"		4204,337	84,938			4289,275
Глава 7. Благоустройство и озеленение территории							
	Итого по Главам 1-7		4204,337	84,938			4289,275
Глава 8. Временные здания и сооружения							
2	ГСН-81-05-01-2001 п.4.1.3	Временные здания и сооружения - 1,8%	75,68	1,53			77,21
	Итого по Главе 8. "Временные здания и сооружения"		75,68	1,53			77,21
	Итого по Главам 1-8		4280,02	86,47			4366,48
Глава 9. Прочие работы и затраты							
	Итого по Главам 1-9		4280,02	86,47			4366,48
Проектные и изыскательские работы							
	Итого по Главам 1-12		4280,02	86,47			4366,48
Непредвиденные затраты							
3	МДС81-35.2004 п. 3.5.9.1	Непредвиденные затраты 2%	85,60	1,73			45,83
	Итого "Непредвиденные затраты"		85,60	1,73			45,83
	Итого с непредвиденными:		4365,62	88,20			4453,81
Дополнительные затраты в текущих ценах							
4	Письмо Минстроя	Индекс изменения цен на 1 кв 2017г. СМР 7,61	33222,33	671,17			33893,51
	Итого "Дополнительные затраты в текущих ценах"		33222,33	671,17			33893,51
Налоги и обязательные платежи							
5		Налог 18%	5980,02	120,81			6100,83
	Итого "Налоги и обязательные платежи"		5980,02	120,81			6100,83
	Всего по сводному расчету		39202,35	791,98			39994,34

Таблица Е4-Стоимость строительства быстровозводимого здания с сэндвич панелями из стекловаты утеплителя толщиной 180 мм в г. Красноярск

Сводный сметный расчет в сумме 27 679 250 руб.

В том числе возвратных сумм

г.Красноярск (стекловата 180мм)

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отапливаемый склад 26х40м

(наименование стройки)

Составлена в ценах по состоянию на 1 кв 2017г

№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			строитель- ных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ОС 02-01	Объектная смета	3194,045	61,059			3255,104
	Итого по Главе 2. "Основные объекты строительства"		3194,045	61,059			3255,104
Глава 7. Благоустройство и озеленение территории							
	Итого по Главам 1-7		3194,045	61,059			3255,104
Глава 8. Временные здания и сооружения							
2	ГСН-81-05-01-2001 п.4.1.3	Временные здания и сооружения - 1,8%	57,49	1,10			58,59
	Итого по Главе 8. "Временные здания и сооружения"		57,49	1,10			58,59
	Итого по Главам 1-8		3251,54	62,16			3313,70
Глава 9. Прочие работы и затраты							
	Итого по Главам 1-9		3251,54	62,16			3313,70
Проектные и изыскательские работы							
	Итого по Главам 1-12		3251,54	62,16			3313,70
Непредвиденные затраты							
3	МДС81-35.2004 п. 3.5.9.1	Непредвиденные затраты 2%	65,03	1,24			45,83
	Итого "Непредвиденные затраты"		65,03	1,24			45,83
	Итого с непредвиденными:		3316,57	63,40			3379,97
Дополнительные затраты в текущих ценах							
4	Письмо Минстроя	Индекс изменения цен на1 кв 2017г. СМР 6,94	23016,99	440,00			23456,99
	Итого "Дополнительные затраты в текущих ценах"		23016,99	440,00			23456,99
Налоги и обязательные платежи							
5		Налог 18%	4143,06	79,20			4222,26
	Итого "Налоги и обязательные платежи"		4143,06	79,20			4222,26
	Всего по сводному расчету		27160,04	519,21			27679,25

Таблица Е5-Стоимость строительства быстровозводимого здания с сэндвич панелями из стекловаты утеплителя толщиной 180 мм в г. Енисейск

Сводный сметный расчет в сумме 31 453 250 руб.

В том числе возвратных сумм

Г.Енисейск (сэндвич-панели стекловата толщ 180мм)

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отапливаемый склад 26х40м

(наименование стройки)

Составлена в ценах по состоянию на 1 кв 2017г

№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			строитель- ных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ОС 02-01	Объектная смета	3226,36	64,739			3291,10
	Итого по Главе 2. "Основные объекты строительства"		3226,36	64,739			3291,10
Глава 7. Благоустройство и озеленение территории							
	Итого по Главам 1-7		3226,36	64,739			3291,10
Глава 8. Временные здания и сооружения							
2	ГСН-81-05-01-2001 п.4.1.3	Временные здания и сооружения - 1,8%	58,07	1,17			59,24
	Итого по Главе 8. "Временные здания и сооружения"		58,07	1,17			59,24
	Итого по Главам 1-8		3284,43	65,90			3350,34
Глава 9. Прочие работы и затраты							
	Итого по Главам 1-9		3284,43	65,90			3350,34
Проектные и изыскательские работы							
	Итого по Главам 1-12		3284,43	65,90			3350,34
Непредвиденные затраты							
3	МДС81-35.2004 п. 3.5.9.1	Непредвиденные затраты 2%	65,69	1,32			45,83
	Итого "Непредвиденные затраты"		65,69	1,32			45,83
	Итого с непредвиденными:		3350,12	67,22			3417,35
Дополнительные затраты в текущих ценах							
4	Письмо Минстроя	Индекс изменения цен на 1 кв 2017г. СМР 7,8	26130,96	524,33			26655,30
	Итого "Дополнительные затраты в текущих ценах"		26130,96	524,33			26655,30
Налоги и обязательные платежи							
5		Налог 18%	4703,57	94,38			4797,95
	Итого "Налоги и обязательные платежи"		4703,57	94,38			4797,95
	Всего по сводному расчету		30834,53	618,71			31453,25

Таблица Е6 - Стоимость строительства быстровозводимого здания с сэндвич панелями из стекловаты утеплителя толщиной 180 мм в г. Норильск

Сводный сметный расчет в сумме 41 745 770 руб.

В том числе возвратных сумм

г.Норильск(сэндвич-панели стекловата толщ 180мм)

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отапливаемый склад 26х40м

(наименование стройки)

Составлена в ценах по состоянию на 1 кв 2017г

№ пп	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			строитель- ных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ОС 02-01	Объектная смета	4392,173	84,938			4477,111
	Итого по Главе 2. "Основные объекты строительства"		4392,173	84,938			4477,111
Глава 7. Благоустройство и озеленение территории							
	Итого по Главам 1-7		4392,173	84,938			4477,111
Глава 8. Временные здания и сооружения							
2	ГСН-81-05-01-2001 п.4.1.3	Временные здания и сооружения - 1,8%	79,06	1,53			80,59
	Итого по Главе 8. "Временные здания и сооружения"		79,06	1,53			80,59
	Итого по Главам 1-8		4471,23	86,47			4557,70
Глава 9. Прочие работы и затраты							
	Итого по Главам 1-9		4471,23	86,47			4557,70
Проектные и изыскательские работы							
	Итого по Главам 1-12		4471,23	86,47			4557,70
Непредвиденные затраты							
3	МДС81-35.2004 п. 3.5.9.1	Непредвиденные затраты 2%	89,42	1,73			45,83
	Итого "Непредвиденные затраты"		89,42	1,73			45,83
	Итого с непредвиденными:		4560,66	88,20			4648,85
Дополнительные затраты в текущих ценах							
4	Письмо Минстроя	Индекс изменения цен на1 кв 2017г. СМР 7,61	34706,60	671,17			35377,77
	Итого "Дополнительные затраты в текущих ценах"		34706,60	671,17			35377,77
Налоги и обязательные платежи							
5		Налог 18%	6247,19	120,81			6368,00
	Итого "Налоги и обязательные платежи"		6247,19	120,81			6368,00
	Всего по сводному расчету		40953,79	791,98			41745,77

